

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

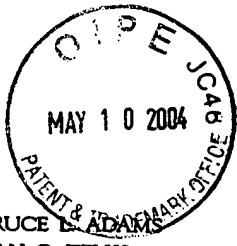
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



ADAMS & WILKS
ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW
50 BROADWAY
31st FLOOR
NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS
VAN C. WILKS

RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

JOHN R. BENEFIEL
PAUL R. HOFFMAN
TAKESHI NISHIDA
FRANCO S. DE LIGUORI

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704

* NOT ADMITTED IN NEW YORK
* REGISTERED PATENT AGENT

APRIL 26, 2004

COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Takashi NIWA et al.
Serial No. 09/740,664 Filing Date: December 19, 2000
Examiner: Thanh X. Luu Group Art Unit: 2878
Docket No. S004-4168

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

- | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------------------|
| 1. Japanese Patent Appln. No. | 2000-130826 | filed April 28, 2000 |
| 2. Japanese Patent Appln. No. | 11-361701 | filed December 20, 1999 |
| 3. Japanese Patent Appln. No. | 2000-352778 | filed November 20, 2000 |
| 4. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 5. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 6. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 7. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 8. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 9. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 10. Japanese Patent Appln. No. | | filed |
| 11. Japanese Patent Appln. No. | | filed |

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

DEBRA BUONINCONTI

Name

Debra Buoninconti
Signature

MAY 5, 2004

Date

BLA:db
Enclosures

By:

Bruce L. Adams
Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-352778

出 願 人

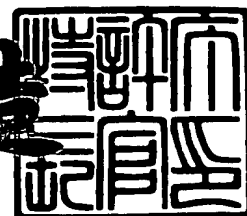
Applicant (s):

セイコーインスツルメンツ株式会社

2000年12月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3104022

【書類名】	特許願
【整理番号】	00000735
【提出日】	平成12年11月20日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G11B 7/135
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	新輪 隆
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	加藤 健二
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	笠間 宣行
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	大海 学
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	光岡 靖幸
【発明者】	
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内
【氏名】	市原 進

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-130826

【出願日】 平成12年 4月28日

【整理番号】 00000279

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第361701号

【出願日】 平成11年12月20日

【整理番号】 99000907

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近視野光プローブとその製造方法、およびその近視野光プローブを用いた近視野光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カンチレバーと、
前記カンチレバーを支持する基部と、
前記カンチレバーに形成され、前記基部とは反対側の面に形成された錘状のチップと、
前記チップの先端に形成された微小開口と、
前記カンチレバーの前記基部とは反対側の面、及び、前記チップの前記微小開口以外の面に形成された遮光膜と、を備え、
前記チップと前記カンチレバーが、前記微小開口において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、前記チップが前記透明材料で充填されていることを特徴とする近視野光プローブ。

【請求項 2】 前記チップを形成する透明材料と前記カンチレバーを形成する透明材料が、同一の透明材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の近視野光プローブ。

【請求項 3】 前記透明材料が、二酸化ケイ素であることを特徴とする請求項 2 記載の近視野光プローブ。

【請求項 4】 前記チップを形成する透明材料と前記カンチレバーを形成する透明材料は、光学的特性が異なることを特徴とする請求項 1 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 5】 前記チップが円錐形状であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 6】 前記チップが錘体の側面の角度が異なる複数の錘体からなることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 7】 前記カンチレバーが、前記微小開口に入射光を集光するためのまたは／および前記微小開口で検出した光をコリメートするためのレンズ、を備えることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

ブ。

【請求項 8】 前記レンズが、前記カンチレバーの前記基部側に形成されたフレネルレンズであることを特徴とする請求項 7 記載の近視野光プローブ。

【請求項 9】 前記レンズが、前記カンチレバー内の屈折率分布を制御して形成される屈折率分布型レンズであることを特徴とする請求項 7 記載の近視野光プローブ。

【請求項 10】 前記チップの先端が前記遮光膜の端面と略同一平面内に位置することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 11】 前記チップの先端が、前記遮光膜の端面よりも突出しており、その突出量が、前記微小開口への入射光、または／及び、前記微小開口で検出する光の波長の半分以下であることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 12】 カンチレバーと、
前記カンチレバーを支持する基部と、
前記カンチレバーに形成され、前記基部とは反対側の面に形成された錘状のチップと、

前記チップの先端に形成された微小開口と、
前記カンチレバーの前記基部とは反対側の面、及び、前記チップの前記微小開口以外の面に形成された遮光膜と、を備え、

前記チップの高さを H 、前記カンチレバーの傾斜角度を $\theta 1$ 、前記チップに入射する入射光の前記カンチレバー上でのスポット径または／および前記微小開口によって検出し、検出器に入射する光の前記カンチレバー上でのスポット径を $R 1$ 、前記チップの中心から前記カンチレバーの自由端までの距離を $L 1$ としたとき、

$$R 1 < L 1 < H / \tan \theta 1$$

を満たす $L 1$ を有することを特徴とする近視野光プローブ。

【請求項 13】 前記カンチレバーの先端が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有していることを特徴とする請求項 1 から 12 のいずれ

か一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 4】 前記カンチレバーの側面が、前記チップ側から前記基部側に広がるような傾斜部を有していることを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 5】 前記カンチレバーの先端に、前記基部側に突出するように形成された薄板状の連結部が形成され、前記連結部から前記カンチレバーと略平行に伸びる薄板状のひさし部が形成されている事を特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 6】 前記カンチレバー上に、前記カンチレバーの固定端よりも自由端側に、前記チップとは別の凸部を有することを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか一項に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 7】 前記凸部が、前記カンチレバー上の前記チップが形成された側の前記チップよりも固定端側に形成されており、前記凸部の高さが前記チップの高さ以下であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 8】 前記凸部が、前記カンチレバー上の前記チップが形成された側と反対側に形成されていることを特徴とする請求項 1 6 に記載の近視野光プローブ。

【請求項 1 9】 請求項 1 3 または請求項 1 4 に記載の近視野光プローブの製造方法であって、前記カンチレバーの外形形成工程が、前記傾斜部を形成するための等方性エッチング工程を含むことを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 2 0】 請求項 1 5 に記載の近視野光プローブの製造方法であって、前記連結部および前記ひさし部の形成工程が、基板に段差を形成する工程と、前記基板に前記透明材料を堆積する工程を含む事を特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 6 または請求項 1 7 に記載の近視野光プローブの製造方法であって、前記凸部と前記チップを同時に形成する工程を備えることを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 2 2】 請求項 1 6 または請求項 1 8 に記載の近視野光プローブの

製造方法であって、前記凸部を形成するための型を形成する工程と、前記型に前記凸部となる材料を堆積する工程と、前記凸部となる材料を平坦化する工程と、前記凸部となる材料が埋め込まれた基板上に前記チップを形成する工程と、を備えることを特徴とする近視野光プローブの製造方法。

【請求項 2 3】 前記凸部となる材料を平坦化する工程が、研磨工程であることを特徴とする請求項 2 2 に記載の近視野光プローブの製造方法。

【請求項 2 4】 請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置であって、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構と、を備え、

前記検出手段が光てこ法を用い、

前記導入／検出光学系のレンズと前記検出手段のミラーとが一体化していることを特徴とする近視野光装置。

【請求項 2 5】 請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置であって、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構と、を備え、

前記検出手段が、前記カンチレバーと略垂直な面内に光源と光検出器を有することを特徴とする近視野光装置。

【請求項 2 6】 前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの反射光を検出することを特徴とする請求項 2 5 に記載の近視野光装置。

【請求項 2 7】 前記光検出器が、前記光源から出射した光の前記カンチレバーでの回折光を検出することを特徴とする請求項 2 5 に記載の近視野光装置。

【請求項 2 8】 請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置であって、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構と、を備え、

前記検出手段が、前記カンチレバーに接近して配置された光ファイバーと前記カンチレバー間での干渉を検出することを特徴とする近視野光装置。

【請求項 2 9】 請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置であって、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構と、を備え、

前記検出手段が、前記近視野光プローブに設けられたカンチレバーの変位検出手段であることを特徴とする近視野光装置。

【請求項 3 0】 請求項 1 から請求項 1 8 のいずれか一項に記載の近視野光プローブを用いる近視野光装置であって、

前記微小開口へ光を導入あるいは前記微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、

前記微小開口と前記試料との距離を検出する検出手段と、

前記試料および／あるいは前記近視野光プローブを微動させる微動機構と、を備え、

前記導入／検出光学系が、先端にレンズ機能を設けた光ファイバーを有することを特徴とする近視野光装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

この発明は、試料の微細領域における光学特性を観察、計測、加工する近視野光プローブとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、走査型近視野顕微鏡（以下、SNOMと略す）では、先鋭化された先端に微小開口を有する光媒体をプローブとして用い、先端および微小開口を光の波長以下まで測定試料に近づけることで、試料の光学特性や形状を高分解能で測定している。この装置では、試料に対して垂直に保持した直線状の光ファイバークローブの先端を、試料表面に対して水平に振動させ、試料表面とプローブ先端のせん断力によって生じる振動振幅の変化の検出を、プローブ先端にレーザ光を照射し、その影の変化を検出することによって行い、振幅が一定になるように試料を微動機構で動かすことによってプローブ先端と試料表面の間隔を一定に保ち、微動機構に入力した信号強度から表面形状を検出するとともに試料の光学特性の測定を行う装置が提案されている。

【0003】

また、鉤状に成形した光ファイバークローブを原子間力顕微鏡（以下AFMと略す）のカンチレバーとして使用し、AFM動作すると同時に光ファイバークローブの先端から試料にレーザ光を照射し、表面形状を検出するとともに試料の光学特性の測定を行う走査型近視野原子間力顕微鏡が提案されている（特開平7-174542号公報）。図16は、従来例の光ファイバークローブを示す構成図である。この光ファイバークローブは、周囲が金属膜被覆502で覆われた光ファイバー501を用いている。また、探針部503が先鋭化されており、探針部503の先端に開口504を有する。

【0004】

一方、微細領域の形状観察手段として利用されているAFMでは、シリコンプロセスで製造されたシリコンや窒化シリコンのマイクロカンチレバーが広く利用されている。AFMで使用されるマイクロカンチレバーは共振周波数が高く、量産性が良く形状のばらつきが少ないため、バネ定数や共振周波数などの機械的特

性が均一であるという特徴を有している。AFMで使用されるマイクロカンチレバーのチップ先端に微小開口を形成することによって、図17に示すように、チップ505、レバー506、基部507、微小開口508および遮光膜509からなるSNOM用プローブが知られている (S. Munster et. al., Novel micromachined cantilever sensors for scanning near-field optical microscopy, Journal of Microscopy, vol.186, pp17-22, 1997)。ここで、チップ505およびレバー506は窒化珪素やシリコンで形成されている。このSNOM用プローブに図17中Lightで示されるように光を入射することによって、微小開口508から近視野光を照射することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図16に示す従来の光ファイバープローブは、一本ずつ手作りで作製されるため量産性が悪い。また、光ファイバー501を光伝搬体として用いているため、波長による伝搬特性の差が大きく、分光分析に用いることが困難である。

【0006】

また、図17に示したSNOM用プローブは、シリコンプロセスによって大量生産が容易であるが、チップ部分の窪みに空気中の埃をはじめとする異物が侵入しやすいため、微小開口から照射される近視野光の強度が安定しない問題があった。また、チップの位置がカンチレバーの先端に形成されている場合、微小開口に光を導入する際に入射光のスポットがカンチレバーからはみ出してしまい、また、試料からの光信号を微小開口によって検出する際には、チップ先端部分以外の光信号を検出してしまう。したがって、SNOMの光像のS/N比が悪くなるという問題があった。また、シリコンの異方性エッチングによって形成したモールドを用いてチップを形成するため、チップ先端の先端角が約 70° と固定されてしまうため、微小開口から照射される近視野光の強度を大きくできないといった問題がある。また、レバー506やチップ505は、入射光や微小開口で検出した光の波長に対する反射率が小さい材料で構成される。図17に示したSNOM用プローブは、それらの構造材料が光路中にあるため、入射光や検出光の強度

が構造材料上で反射することによって減衰し、微小開口 5 0 8 から照射される近視野光および微小開口 5 0 8 で検出した光の強度が小さくなるという問題もあった。

【 0 0 0 7 】

そこで、この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、微小開口から光を照射および／または検出する SNOM 用光カンチレバーであって、量産性、均一性に優れており、チップ部分に異物が侵入せずに安定した近視野光の強度が得られ、漏れ光を遮断して光像の S / N 比を向上させ、大きな近視野光強度を得ることができる前記近視野光プローブとその製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明では、近視野光を発生および／あるいは検出することで、試料の微小領域における光学情報を観察、計測する近視野光プローブにおいて、カンチレバーと、カンチレバーを支持する基部と、カンチレバーの基部とは反対側の面に形成された錘状のチップと、チップの先端に形成された微小開口と、カンチレバーの基部とは反対側の面と、チップの微小開口以外の部分に形成された遮光膜からなり、チップとカンチレバーが微小開口において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、チップが透明材料で充填されている構成とした。したがって、本発明の近視野光プローブは、微小開口に光を導入することによって試料に対して近視野光を照射すること、または／および、微小開口によって試料の微小領域における光学情報を検出することが可能である。

【 0 0 0 9 】

また、チップが透明材料で充填されているため、チップに異物が侵入することがなく、安定した強度をもつ近視野光の照射または／及び検出を行うことができる。さらに、透明体の屈折率は、空気の屈折率よりも大きいため、微小開口を透過する近視野光の光量を多くすることができる。

【 0 0 1 0 】

また、チップとカンチレバーが同一の透明材料で形成されている構成とした。

したがって、チップとカンチレバーの界面における反射がないため、効率よく微小開口への光入射や微小開口からの光情報の検出を行うことができる。また、製造工程において一度に透明材料を形成することができるため、製造方法が容易になる。さらに、透明材料が、二酸化ケイ素である構成とした。二酸化ケイ素は、可視光領域において透過率が高い材料の一つであるため、効率よく近視野光を発生したり検出することができる。また、二酸化ケイ素は、シリコンプロセスにおいて一般的に使用される材料であるため、形状制御性が良く、かつ、量産性が良い。

【 0 0 1 1 】

また、チップとカンチレバーを光学的特性が異なる透明材料で形成する構成とした。したがって、例えばカンチレバーを二酸化ケイ素で形成し、チップをダイヤモンドで形成すると、二酸化ケイ素の加工性の良さにより、カンチレバーの共振周波数などの機械的特性を精度よく制御でき、かつ、ダイヤモンドの耐摩耗性の良さによってチップの耐摩耗性を向上させることができる。さらに、透明材料において、ダイヤモンドは透過率が高く、屈折率が非常に大きな材料の一つであり、微小開口を透過する近視野光の光量を多くすることができる。

【 0 0 1 2 】

また、チップが円錐形状である構成とした。したがって、微小開口の外形が円となり、入射光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を前記微小開口から照射することができる。

【 0 0 1 3 】

また、チップが錘体の側面の角度が異なる複数の錘体からなる構成とした。したがって、チップの先端角を小さくし、チップの途中までのテーパ角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす前記近視野光プローブを提供することができる。同様に、微小開口によって試料の微小領域における光学情報を検出するコレクションモードにおいても、検出効率を向上させることが可能である。

【 0 0 1 4 】

カンチレバーに、微小開口に入射光を集光するためのまたは／および微小開口

で検出した光をコリメートするためのレンズを備えている構成とし、レンズが、カンチレバーの基部側に形成されたフレネルレンズやカンチレバー内の屈折率分布を制御して形成される屈折率分布型レンズである構成とした。したがって、微小開口に入射する光量を大きくすることができるため、微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、微小開口によって検出された光をコリメートし、集光レンズによって検出器に導くことによって、試料の光学情報を効率よく検出することができる。

【 0 0 1 5 】

また、チップの先端が遮光膜の端面と略同一平面内に位置する構成とした。したがって、微小開口と試料の距離を非常に短くすることができるため、微小開口から照射または／および微小開口によって検出される近視野光を効率よく伝搬光に変換することができ、光学像の S / N 比を向上させることができる。また、光学像の分解能が向上する。

【 0 0 1 6 】

また、チップの先端が遮光膜の端面よりも突出しており、その突出量が、微小開口への入射光、または／及び、微小開口で検出した光の波長の半分以下である構成とした。したがって、チップの先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。さらに、チップの先端と微小開口の中心位置が一致するため凹凸像と光像の位置ずれ非常に小さい。

【 0 0 1 7 】

また、チップの高さを H、カンチレバーの傾斜角度を $\theta 1$ 、チップへの入射光のカンチレバー上でのスポット径または／および微小開口によって検出し、検出器に入射する光のカンチレバー上でのスポット径を R 1、チップの中心からカンチレバーの自由端までの距離を L 1 としたとき、

$$R 1 < L 1 < H / \tan \theta 1$$

を満たす L 1 を有する構成とした。また、カンチレバーの先端が、チップ側から基部側に広がるような傾斜部を有している構成とした。また、カンチレバーの側面が、チップ側から基部側に広がるような傾斜部を有している構成とした。さらに、カンチレバーの先端に、基部側に突出するように形成された薄板状の連結部

が形成され、連結部からカンチレバーと略平行に伸びる薄板状のひさし部が形成されている構成とした。

【 0 0 1 8 】

このような構成により、チップの先端が試料に近接でき、かつ、入射光、または／および、微小開口で検出した光以外を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。

【 0 0 1 9 】

また、前記近視野光プローブはシリコンプロセスを用いて作製できるため、量産性が高く、形状再現性もよい。また、近視野光プローブの製造工程において、前記カンチレバーの外形を形成する工程が前記傾斜部を形成するための等方性エッチングを含むこととした。また、前記近視野光プローブの製造工程において、前記連結部と前記ひさし部を形成する工程が、基板に段差を形成する工程と、前記基板に前記透明材料を堆積する工程を含む工程とした。したがって、前記近視野光プローブを容易に製造できる。

【 0 0 2 0 】

また、近視野光プローブを用いる近視野光装置において、微小開口へ光を導入あるいは微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、微小開口と試料との距離を検出する検出手段と、試料および／あるいは近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、検出手段が光てこ法を用い、導入／検出光学系のレンズと検出手段のミラーとが一体化している構成とした。

【 0 0 2 1 】

また、近視野光プローブを用いる近視野光装置において、微小開口へ光を導入あるいは微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、微小開口と試料との距離を検出する検出手段と、試料および／あるいは近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、検出手段がカンチレバーと略垂直な面内に光源と光検出器を有する構成とした。

【 0 0 2 2 】

また、光検出器が光源から出射した光のカンチレバーでの反射光を検出する構成とした。

【 0 0 2 3 】

また、光検出器が光源から出射した光のカンチレバーでの回折光を検出する構成とした。

【 0 0 2 4 】

従って、検出手段と前記導入／検出光学系とが干渉することなく、大きなNAを有する導入／検出光学系を用いることができるため、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、近視野光プローブを用いる近視野光装置において、微小開口へ光を導入あるいは微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、微小開口と試料との距離を検出する検出手段と、試料および／あるいは近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、検出手段がカンチレバーに接近して配置された光ファイバーとカンチレバー間での干渉を検出する構成とした。

【 0 0 2 6 】

また、近視野光プローブを用いる近視野光装置において、微小開口へ光を導入あるいは微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、微小開口と試料との距離を検出する検出手段と、試料および／あるいは近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、検出手段が近視野光プローブに設けられたカンチレバーの変位検出手段である構成とした。

【 0 0 2 7 】

従って、検出手段と導入／検出光学系とが干渉することなく、大きなNAを有する導入／検出光学系を用いることができるため、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。その上、検出手段が小型軽量であるため、近視野光プローブを微動機構で高速に動かすことが可能となる。

【 0 0 2 8 】

また、近視野光プローブを用いる近視野光装置において、微小開口へ光を導入あるいは微小開口からの光を検出する導入／検出光学系と、微小開口と試料との

距離を検出する検出手段と、試料および／あるいは近視野光プローブを微動させる微動機構を有し、導入／検出光学系が先端にレンズ機能を設けた光ファイバーを有する構成とした。

【 0 0 2 9 】

従って、検出手段と導入／検出光学系とが干渉することなく、微小開口から光強度の大きな近視野光を出射することや、逆に、微小開口からの光を効率よく検出することが可能となる。その上、導入／検出光学系が非常に小型軽量であるため、近視野光プローブを微動機構で高速に動かすことが可能となる。

【 0 0 3 0 】

また、カンチレバー上に、カンチレバーの固定端よりも自由端側に、前記チップとは別の凸部を有することを特徴とする近視野光プローブとした。また、凸部が、カンチレバー上の前記チップが形成された側の前記チップよりも固定端側に形成されていることを特徴とする近視野光プローブとした。

【 0 0 3 1 】

したがって、近視野光プローブ共振周波数を低くすることができ、光像の S / N 比を向上させることができる。また、バネ定数を大きくすることができるために、遮光領域を設けたことで生じるエアダンピングによる影響を低減でき、安定した動作特性を有する近視野光プローブが得られる。

【 0 0 3 2 】

また、前記凸部が、カンチレバー上の前記チップが形成された側と反対側に形成されていることを特徴とする近視野光プローブとした。

【 0 0 3 3 】

したがって、起伏の大きな試料の観察において、前記凸部が試料と接触することがない近視野光プローブが得られる。

【 0 0 3 4 】

また、近視野光プローブの製造工程において、前記凸部と前記チップを同時に形成する工程を含むこととした。近視野光プローブの製造工程において、凸部を形成するための型を形成する工程と、型に凸部となる材料を堆積する工程と、凸部となる材料を平坦化し型に凸部となる材料を埋め込む工程と、凸部となる材料

が埋め込まれた基板上にチップを形成する工程を含むこととした。また、前記凸部となる材料を平坦化し型に凸部となる材料を埋め込む工程が、研磨工程であることとした。

【 0 0 3 5 】

したがって、共振周波数が低く、バネ定数の大きな近視野光プローブを大量生産性良く製造する事ができ、近視野光プローブを安価で提供することができる。

【 0 0 3 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の近視野光デバイスとその製造方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

（実施例 1）

図 1 は、本発明の実施例 1 に係る近視野光プローブ 1 0 0 0 の概略図である。本発明による近視野光プローブ 1 0 0 0 は、チップ 1、レバー 2、基部 3、遮光膜 4、および微小開口 5 を備えている。錘状のチップ 1 および薄板の片持ち梁であるレバー 2 は一体に形成されており、チップ 1 は基部 3 から真っ直ぐに突き出したレバー 2 上に基部 3 とは反対側の面に形成される。遮光膜 4 はレバー 2 の基部 3 とは反対の面とチップ 1 の表面に形成される。レバー 2 の基部 3 とは反対の面すべてに遮光膜 4 を形成する必要は無いが、その方が好ましい。微小開口 5 は、チップ 1 の遮光膜 4 が無い部分である。チップ 1 の頂点は遮光膜 4 の端面よりも突出している。また、チップ 1 の先端は、遮光膜 4 の端面と同一平面内に位置していても良い。近視野光プローブ 1 0 0 0 に外部から入射光 9 9 9 を導入することによって、近視野光プローブ 1 0 0 0 は、微小開口 5 から近視野光を照射することができる。また、微小開口 5 によって、試料の光情報を検出することも可能である。さらに、微小開口 5 からの近視野光照射と微小開口での試料の光情報の検出を同時に行うことも可能である。

【 0 0 3 7 】

チップ 1 およびレバー 2 は、走査型近視野顕微鏡で用いられる入射光 9 9 9 の波長に対して透明な材料で形成される。入射光 9 9 9 の波長が可視領域の場合、二酸化珪素やダイヤモンドなどの誘電体や、ポリイミドをはじめとするポリマー

がある。また、入射光 9 9 9 の波長が紫外領域では、チップ 1 およびレバー 2 の材料として、二フッ化マグネシウムや二酸化珪素などの誘電体がある。また、入射光 9 9 9 の波長が赤外領域の場合、チップ 1 およびレバー 2 の材料として、ジnkセレンやシリコンなどがある。基部 3 の材料は、シリコンや二酸化珪素などの誘電体や、アルミニウムやチタンなどの金属である。遮光膜 4 の材料は、アルミニウムや金などの入射光 9 9 9、または／および、微小開口 5 によって検出した光の波長に対する遮光率の高い材料で形成される。

【 0 0 3 8 】

チップ 1 の高さは、数 μm ～ 1 0 数 μm である。レバー 2 の長さは数十 μm から数千 μm である。また、レバー 2 の厚みは、数 μm 程度である。遮光膜 4 の厚さは遮光率によって異なるが、数十 nm から数百 nm である。図 1 中、下面からみた微小開口 5 の大きさおよび形状は、直径が入射光 9 9 9、または／および、微小開口 5 によって検出した光の波長以下の円、または、その円に内接する多角形である。

【 0 0 3 9 】

図 2 に、近視野光プローブ 1 0 0 0 のチップ 1 の近傍が試料 6 に近接した状態を示した側面図を示す。なお、簡単のため遮光膜 4 は省略している。近視野光プローブ 1 0 0 0 は、角度 $\theta 1$ だけ傾いた状態で試料 6 に近接している。ここで、チップ 1 の高さを H 、チップ 1 の先端からレバー 2 の先端までの距離を $L 1$ とすると、

$$L 1 = H / \tan \theta 1 \quad \cdots (1)$$

の時に、チップ 1 とレバー 2 の先端が同時に試料 6 に接触するため、走査型プローブ顕微鏡用のプローブとして使用することができない。従って、近視野光プローブ 1 0 0 0 は、

$$L 1 < H / \tan \theta 1 \quad \cdots (2)$$

を満たさなければならない。入射光 9 9 9 を近視野光プローブ 1 0 0 0 に入射する際に、光信号の S/N 比を向上させるためには、入射光 9 9 9 のレバー 2 上でのスポットの半径を $R 1$ とすると、

$$R 1 < L 1 \quad \cdots (3)$$

を満たす遮光領域を設けなければならない。従って、 $L1$ は、

$$R1 < L1 < H / \tan \theta 1 \quad \cdots (4)$$

を満たさなければならない。

【0040】

本発明の実施例1に関わる近視野光プローブ1000を搭載した走査型プローブ顕微鏡20000の構成を図3に示す。ここでは簡単のため近視野光プローブ1000をコンタクトモードで制御する場合について説明する。この走査型プローブ顕微鏡20000は、図1に示した近視野光プローブ1000と、光情報測定用の光源601と、光源601の前面に配置したレンズ602と、レンズ602で集光した光を近視野光プローブ1000まで伝搬する光ファイバ603と、試料610の下方に配置されチップ10の先端で発生した伝搬光を反射するプリズム611と、プリズム611で反射した伝搬光を集光するレンズ614と、集光した伝搬光を受光する光検出部609と、を備えている。

【0041】

また、近視野光プローブ1000の上方には、レーザ光を出力するレーザ発振器604と、近視野光プローブ1000のレバーと遮光膜の界面で反射したレーザ光を反射するミラー605と、反射したレーザ光を受光して光電変換する上下2分割した光電変換部606とを備えている。さらに、試料610およびプリズム611をXYZ方向に移動制御する粗動機構613および微動機構612と、これら粗動機構613および微動機構612を駆動するサーボ機構607と、装置全体の制御をするコンピュータ608とを備えている。

【0042】

つぎに、この走査型プローブ顕微鏡20000の動作について説明する。レーザ発振器604から放出したレーザ光は、近視野光プローブ1000のレバーと遮光膜の界面で反射する。近視野光プローブ1000のレバーは、微小開口と試料610の表面が接近すると、試料610との間の引力または斥力によってたわむ。このため、反射したレーザ光の光路が変化することとなり、これを光電変換部606で検出する。

【0043】

光電変換部 6 0 6 により検出された信号は、サーボ機構 6 0 7 に送られる。サーボ機構 6 0 7 は、光電変換部 6 0 6 で検出した信号に基づいて、試料 6 1 0 に対する近視野光プローブ 1 0 0 0 のアプローチや、表面の観察の際に、近視野光プローブ 1 0 0 0 のたわみが一定となるように、粗動機構 6 1 3 および微動機構 6 1 2 を制御する。コンピュータ 6 0 8 は、サーボ機構 6 0 7 の制御信号から表面形状の情報を受け取る。

【 0 0 4 4 】

また、光源 6 0 1 から放出された光はレンズ 6 0 2 により集光され、光ファイバ 6 0 3 に至る。光ファイバ 6 0 3 内を伝搬した光は、近視野光プローブ 1 0 0 0 のチップにレバーを通して導入され、微小開口から試料 6 1 0 に照射される。一方、プリズム 6 1 1 により反射した試料 6 1 0 の光学的情報は、レンズ 6 1 4 により集光され、光検出部 6 0 9 に導入される。光検出部 6 0 9 の信号は、コンピュータ 6 0 8 のアナログ入力インタフェースを介して取得され、コンピュータ 6 0 8 により光学的情報として検出される。なお、チップへの光入射方法は、光ファイバ 6 0 3 を用いずに、光源 6 0 1 から放出された光をレンズによって直接チップ上へ集光して入射光を導入する方法でも良い。

【 0 0 4 5 】

また、ここでは主に、近視野光プローブ 1 0 0 0 に光を入射し、微小開口 5 から試料に近視野光を照射するイルミネーションモードについて説明したが、試料 6 の表面に発生した近視野光を微小開口 5 によって検出するコレクションモードにおいても、近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いることができる。また、イルミネーションモードとコレクションモードを同時に行う観察方法においても、近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いることができるのは、言うまでもない。さらに、図 2 では、試料 6 を透過した光を検出する透過モードについて説明したが、試料 6 で反射した光を検出する反射モードにおいても近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いることができる。また、近視野光プローブ 1 0 0 0 をバイモルフなどで加振することによって、レバー 2 を振動させ、チップ 1 と試料 6 との間に働く斥力や引力によって生じる、レバー 2 の振幅の変化や、レバー 2 の振動の周波数変化を一定に保つようにチップ 1 と試料 6 との距離を制御するダイナミックフォースモードで

も近視野光プローブ1000を用いる事ができるのは言うまでもない。

【0046】

以上説明したように、実施例1の近視野光プローブ1000によれば、微小開口5の上部が透明体で充填された構造であるため微小開口5に異物が侵入することがない。したがって、近視野光プローブ1000から発生する近視野光の強度が安定する。また、走査型近視野顕微鏡で用いられる光源の波長に対して透明な材料によって充填されたチップ1によって、チップ1の耐衝撃性や、耐摩耗性が向上する。また、チップ1を構成する材料の屈折率は空気よりも大きいため、チップ1内を伝搬する光の波長が空气中よりも短くなる。したがって、空气中を伝搬して微小開口5を透過する場合よりも、微小開口5を透過する光量が多くなるため、微小開口5から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップ1の先端が遮光膜4の端面よりも突出した構造である場合、チップ1の先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。さらに、チップ1の先端と微小開口5の中心位置が一致するため、凹凸像と光像の位置ずれ非常に小さい。また、L1が式(4)を満たすことによって、チップ1の先端が試料に近接し、かつ、入射光999を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。また、走査型近視野顕微鏡1000に光を入射するためのレンズのNAを大きくしても、レバー2が透明体であるため、チップ1に入射する光のケラレがないため、効率良く微小開口5まで入射光を導くことができ、微小開口5から照射される近視野光の発生効率を大きくすることができる。また、レンズによって集光され透明体であるレバー2およびチップ1を伝搬して微小開口5から近視野光を発生させる近視野光プローブ1000は、入射光の波長に対して透過率の高い波長領域が広い。したがって、分光分析などの応用分野に走査型プローブ顕微鏡20000を使用することができる。また、強度の大きな近視野光を発生させることができるため、フォトリソグラフィー、光造形、光CVD、熱的加工などに必要なエネルギー密度を持つ近視野光を照射することができ、光加工装置として走査型プローブ顕微鏡20000を用いることができ、同時に、凹凸像の分解能の高い近視野光プローブ1000を用いて加工形状の観察を行うことができる。分光分析や

加工装置としての走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 は、近視野光プローブ 1 0 0 0 から発生する近視野光の強度が大きいいため、分析や加工にかかる時間を短くすることができる。また、近視野光プローブ 1 0 0 0 をマルチカンチレバーにすることによって、大面積を短時間で分析、加工することができる。

【 0 0 4 7 】

次に、本発明の実施例 1 による近視野光プローブ 1 0 0 0 の製造方法を、図 4 と図 5 に基づいて説明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 (a) は、基板 1 0 2 上にチップ 1 およびレバー 2 となる透明体 1 0 1 を堆積した状態を示している。なお、以下では、図の上部をおもて面、下部を裏面と呼ぶ。裏面にマスク材 1 0 3 を有する基板 1 0 2 上に、プラズマ C V D やスパッタなどによって透明体 1 0 1 を堆積する。透明体 1 0 1 の堆積量はチップ 1 の高さと同程度、あるいは若干厚めである。

【 0 0 4 9 】

透明体 1 0 1 を堆積した後、図 4 (b) に示すように、透明体 1 0 1 上に、チップ用マスク 1 0 4 をフォトリソグラフィ等の方法で形成する。チップ用マスク 1 0 4 にはフォトリソグレイやポリイミドなどの誘電体が用いられる。

【 0 0 5 0 】

チップ用マスク 1 0 4 を形成した後、ウェットエッチングやドライエッチングなどの等方性エッチングによって、図 4 (c) に示すようにチップ 1 を形成する。

【 0 0 5 1 】

チップ 1 を形成した後、図 5 (a) に示すように、透明体 1 0 1 上にレバー用マスク 1 0 5 を形成する。

【 0 0 5 2 】

レバー用マスク 1 0 5 を形成した後、図 5 (b) に示すように、リアクティブイオンエッチング (R I E) 等の異方性ドライエッチングによって、レバー 2 を形成する。

【 0 0 5 3 】

レバー 2 を形成した後、フォトリソグラフィーによってマスク材 1 0 3 をパターンニングする。その後、水酸化テトラメチルアンモニウム (TMAH) や水酸化カリウム (KOH) による結晶異方性エッチングや、異方性ドライエッチングなどによって、図 5 (c) に示すように、レバー 2 のリリースと基部 3 の形成を行う。

【 0 0 5 4 】

最後に、遮光膜 4 をおもて面に堆積し、遮光膜 4 の不要な部分を集束イオンビームや観察時にチップ 1 を試料に押しつけることによって取り除き、図 5 (d) に示すように、微小開口 5 を形成し、近視野光プローブ 1 0 0 0 を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

以上説明した製造方法によれば、本発明の実施例 1 に係る近視野光プローブ 1 0 0 0 を製造することができる。また、上述した製造方法ではシリコンプロセスを用いているため、近視野光プローブを大量に、再現性良く製造することができる。従って、近視野光プローブ 1 0 0 0 を安価に提供することができる。また、レバー 2 を小型化することが容易であるため、近視野光プローブのレバー 2 の共振周波数を高くすると同時にバネ定数を小さくすることができる。従って、走査型プローブ顕微鏡において、チップ 1 の先端と試料 6 1 0 との距離制御を安定して行うことができ、かつ、チップ 1 の先端及び試料 6 1 0 の損傷を抑えることができ、さらに、走査型プローブ顕微鏡の走査速度を大きくすることができる。また、透明体 1 0 1 とチップ用マスク 1 0 4 の密着性を制御することによって、任意のチップ 1 の先端角を得ることができる。従って、チップ先端の先端角を大きくすることによって、微小開口 5 から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップ 1 の形成工程を複数回行うことによって、複数のテーパ角を持つチップ 1 を得ることができる。したがって、チップ 1 の先端角を小さくし、チップ 1 の途中までのテーパ角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす近視野光プローブを提供することができる。同様に、微小開口 5 によって試料の微小領域における光学情報を検出するコレクションモードにおいても、検出効率を向上させることが可能で

ある。また、図4（b）の上面からみたチップ用マスク104の外形を円や多角形にすることによって、チップ1の形状を円錐または任意の多角錐にすることができる。チップ1が円錐の場合、微小開口5の形状は円となり、近視野光プローブ1000に入射する光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を微小開口5から照射することができる。また、チップ1の形状が多角錐の場合、微小開口5の形状は、多角形となり、特定方向の偏光方向に大きな強度をもつ光を試料に照射することができる。また、基板102にフレネルレンズのパターンを形成し、フレネルレンズのパターン上にチップ1を形成することや、透明体101の堆積時にチップ1の形成される部分の透明体に屈折率分布を有する部分を形成することや、基板102のチップ1を形成する部分にレンズ状の凹部を形成し、透明体101を堆積することなどによってチップ1上にレンズを有する近視野光プローブ1000を得ることができる。従って、微小開口5から発生する近視野光の強度を大きくすることができる。また、近視野光プローブ1000の製造方法によれば、基部3に複数のレバー2、チップ1、微小開口5を有するマルチカンチレバーを形成することが容易である。マルチカンチレバーによれば、複数のチップ1や微小開口5を同時に走査することが可能であるため、大面積を高速に観察することができる。また、近視野光プローブ1000の製造方法によれば、同様な製造方法によって作製される圧電素子や静電容量型のセンサをレバー2に集積することが容易であるため、光てこを用いなくても、レバー2のたわみを検出することができる。また、レバー2を水晶をはじめとする圧電体で構成し、電極を形成することによってもレバー2のたわみを検出することができる。さらに、レバー2が水晶で構成された場合、レバー2のたわみ検出、および／または、レバー2の加振を行うこともできる。

（実施例2）

図6は、本発明の実施例2に係る近視野光プローブ2000の概略図である。近視野光プローブ2000は、実施例1の近視野光プローブ1000の構成要素と、レバー2の先端に設けられ、チップ1側から基部3側に広がり、レバー2と同一の材料からなる傾斜部7を有している。図6中にA-A'で示される部分の断面を図7に示す。図示するように、傾斜部7はレバー2の外周にも設けられて

いる。

【 0 0 5 6 】

近視野光プローブ 2 0 0 0 のチップ 1 の近傍が試料 6 に近接した状態を図 8 に示す。なお、簡単のため遮光膜 4 は省略している。近視野光プローブ 2 0 0 0 は角度 $\theta 1$ だけ傾いた状態で試料 6 に近接している。図 8 で、 $L 1$ は式 (1) で定義される長さであり、レバーの厚みを T 、傾斜部 7 のテーパ角を $\theta 2$ とすると、レバーの長手方向における傾斜部 7 の長さ $L 2$ は、

$$L 2 = T / \tan (90^{\circ} - \theta 2) \quad \cdots (5)$$

で求められる。したがって、本発明の近視野光プローブ 2 0 0 0 は、近視野光プローブ 1 0 0 0 よりも $L 2$ の長さだけ遮光領域を長くすることが可能になる。

【 0 0 5 7 】

傾斜部 7 以外の近視野光プローブ 2 0 0 0 を構成する部分の材料および寸法は本発明の近視野光プローブ 1 0 0 0 とほぼ同じである。

【 0 0 5 8 】

近視野光プローブ 2 0 0 0 は、走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 の近視野光プローブ 1 0 0 0 の代わりに用いることができる。

【 0 0 5 9 】

以上説明したように、本発明の近視野光プローブ 2 0 0 0 によれば、本発明の第 1 の実施例よりも、遮光領域を広げることが可能であり、カンチレバー表面での反射による漏れ光による影響が少なくなるため、 S/N 比の良い光学像を得ることができる。また、近視野光プローブ 2 0 0 0 の遮光領域を広げることによって、走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 において、光ファイバー 6 0 3 とレバー 2 の間隔を広げても漏れ光の影響を受けずに光学像を得ることができる。さらに、走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 の近視野光プローブ 2 0 0 0 への光入射手段がレンズのみによる集光である場合、レンズの NA が小さくても、漏れ光の影響を受けずに S/N 比の良い光学像を得ることが可能である。また、一般に、レンズの NA が小さいほど、レンズの焦点距離が長くなり、かつ、レンズの焦点深度が大きくなるため、近視野光プローブ 2 0 0 0 とレンズの間隔を大きく取ることができるため、近視野光プローブ 2 0 0 0 の位置あわせが容易になり、走査型プローブ

顕微鏡 2 0 0 0 0 の操作を簡易化できる。

【 0 0 6 0 】

本実施例による近視野光プローブ 2 0 0 0 の製造方法は、実施例 1 の近視野光プローブ 1 0 0 0 の製造方法とほぼ同様である。近視野光プローブ 2 0 0 0 の製造方法では、図 5 (b) で説明した工程において、ウエットエッチングやドライエッチングによる等方性エッチングを用いることによって、傾斜部 7 を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

したがって、本実施例 2 の近視野光プローブ 2 0 0 0 の製造方法によれば、近視野光プローブ 1 0 0 0 と同様の効果が得られる。また、本実施例 2 のように傾斜部 7 に遮光膜 4 を形成することは、本実施例 1 の近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバー 2 側面に遮光膜 4 を形成するよりも容易であるため、近視野光プローブ 2 0 0 0 のレバー 2 側面に対する遮光が容易になる。

(実施例 3)

図 9 は、本発明の実施例 3 に係る近視野光プローブ 3 0 0 0 の概略図であり、走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 に搭載して使用することができる。近視野光プローブ 3 0 0 0 は、実施例 1 の近視野光プローブ 1 0 0 0 の構成要素と、レバー 2 の先端に設けられ、チップ 1 と反対側にのびる連結部 8、および、連結部 8 からレバー 2 とほぼ並行に伸びるように形成されたひさし部 9 を有している。

【 0 0 6 2 】

連結部 8、及び、ひさし部 9 は、レバー 2 と一体に形成されており、同一材料を用いて形成されている。また、連結部 8、および、ひさし部 9 は、レバー 2 と別の材料を用いても良く、この場合、連結部 8、および、ひさし部 9 の材料は、走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 0 における光源 6 0 1 から照射される光の波長に対して、不透明な材料でもよい。

【 0 0 6 3 】

図 1 0 は、近視野光プローブ 3 0 0 0 のチップ 1 の先端が試料 6 に近接した状態を示した図である。なお、簡単のため遮光膜 4 は省略している。近視野光プローブ 2 0 0 0 は、角度 $\theta 1$ だけ傾いた状態で試料 6 に近接している。図 8 におい

て、 $L1$ は式(1)で定義される長さであり、連結部8の高さを D とすると、ひさし部9の先端が試料6に接触するときの長さは、 $L1 + L3$ となる。ここで、

$$L3 = D / \tan(\theta 1) \quad \dots (6)$$

である。従って、本発明の近視野光プローブ3000は、近視野光プローブ1000よりも $L3$ の長さまで遮光領域を長くすることが可能になる。また、ひさし部9の先端に、本発明の実施例2で説明した傾斜部7を付加することによって、さらに遮光領域を広げられることは言うまでもない。レバー2とひさし部9との間隔 D は、 $1 \sim 1000 \mu m$ である。連結部8、および、ひさし部9以外の構成要素の各寸法は、近視野光プローブ1000と同様である。図11および図12は、近視野光プローブ3000のチップ1部分の斜視図である。近視野光プローブ3000のひさし部9は、図11に示すようにレバー2の先端方向にのみ有っても良いし、図12に示すようにチップ1の周囲を覆うようにしても良い。図12に示す形状によれば、図11の形状に比べ、レバー2の側面方向に対する漏れ光を効率よく遮蔽することができる。

【0064】

以上述べたように、本発明の第三の実施例によれば、近視野光プローブ3000は、本発明の第二の実施例よりも、遮光領域を広げることができ、 S/N 比の高い光学像を得ることができる。また、傾斜部7を近視野光プローブ3000に適用することによって、さらに遮光領域を広げることができる。

【0065】

図13～図15は、本実施例3の近視野光プローブ3000の製造方法を説明した図である。なお、以下では、図面の上をおもて面、図面の下を裏面と称す。

【0066】

まず、図13(a)に示すように、基板302上に形成されたマスク301を形成し、TMAHやKOHによる結晶異方性エッチングや、フッ酸と硝酸の混合液をはじめとするエッチャントによる等方性エッチングや、 SF_6 をはじめとする反応性ガスを用いた等方性ドライエッチングなどによって、基板302に窪み304を形成する。基板302の裏面には、マスク材303を形成しておく。マスク301は、二酸化珪素や窒化珪素やフォトレジストなどの誘電体やアルミニ

ウムやクロムなどの金属を用いる。また、基板 3 0 2 は、シリコンやガラスなどの誘電体や、アルミニウムや鉄などの金属を用いる。マスク材 3 0 3 は、二酸化珪素や窒化珪素などの誘電体を用いる。窪み 3 0 4 の深さは、連結部 8 の高さ D とほぼ同じである。

【 0 0 6 7 】

次に、マスク 3 0 1 を剥離し、図 1 3 (b) に示すように、基板 3 0 2 上に透明体 3 0 5 をプラズマ C V D やスパッタによって形成する。透明体 3 0 5 の厚さは、近視野光プローブ 3 0 0 0 のチップ 1 の高さレバー 2 の厚さの和である。

【 0 0 6 8 】

次に、図 1 3 (c) に示すように、フォトリソグラフィーを用いて透明体 3 0 5 上にチップ用マスク 3 0 6 を形成する。チップ用マスク 3 0 6 にはフォトレジストや窒化珪素などの誘電体を用いる。

【 0 0 6 9 】

次に、実施例 1 の図 4 (c) から図 5 (b) で説明した方法と同様の方法で、図 1 4 (a) から図 1 4 (c) に示すように、チップ 1 およびレバー 2 を形成する。レバー 2 の形成と同時に、連結部 8、および、ひさし部 9 が形成される。

【 0 0 7 0 】

次に、レバー 2、連結部 8、および、ひさし部 9 をリリースするために、図 1 5 (a) に示すように、おもて面に、リリース用マスク 3 0 7 を形成する。リリース用マスク 3 0 7 は、窒化珪素や二酸化ケイ素であり、プラズマ C V D やスパッタによって堆積し、フォトリソグラフィーによってパターニングする。また、裏面のマスク材 3 0 3 をフォトリソグラフィーによってパターニングする。

【 0 0 7 1 】

次に、TMAH や KOH による結晶異方性エッチングによって、図 1 5 (b) に示すように、レバー 2、連結部 8、および、ひさし部 9 をリリースし、同時に基部 3 を形成する。

【 0 0 7 2 】

最後に、リリース用マスク 3 0 7 を除去し、遮光膜 4 をおもて面に形成し、微小開口 5 をチップ 1 の先端に形成し、ウエハから取り出すことによって、図 1 5

(c) に示す近視野光プローブ 3 0 0 0 が得られる。また、この工程において、リリース用マスク 3 0 7 を除去しなくても、同様な効果を得られる近視野光プローブ 3 0 0 0 を得ることができる。

【 0 0 7 3 】

また、図 1 4 (b) から図 1 4 (c) で説明した、レバー 2、連結部 8、および、ひさし部 9 を形成する工程において、フッ酸をはじめとするウエットエッチングやドライエッチングによる等方性エッチングを用いることによって、ひさし部 9 の先端に傾斜部 7 を有する近視野光プローブ 3 0 0 0 を得ることができる。

【 0 0 7 4 】

以上説明した製造方法により、実施例 3 の近視野光プローブ 3 0 0 0 を得ることができる。この製造方法では、シリコンプロセスを用いて近視野光プローブを製造するため、大量に、性能が均一な走査型プローブ 3 0 0 0 を得ることができる。したがって、安価な近視野光プローブ 3 0 0 0 を提供することができる。

【 0 0 7 5 】

また、レバー 2 の先端にひさし部 9、連結部 8 といったおもりを設けることによって、近視野光プローブ 3 0 0 0 の共振周波数は、近視野光プローブ 1 0 0 0 や近視野光プローブ 2 0 0 0 の共振周波数よりも低くなる。ダイナミックフォーモードにおける走査型近視野顕微鏡では、近視野光プローブの共振周波数と入射光の強度変調の周波数を同期させて、その変調信号をロックインアンプで検出し、光像の S/N 比を向上させている。しかしながら、一般的に変調信号の周波数が大きくなるほど光像の信号のノイズが多くなり、S/N 比が低下する。したがって、共振周波数の低い近視野光プローブ 3 0 0 0 によれば、S/N 比の良い光像を取得することができる。

(実施例 4)

図 3 では、近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いることにより、顕微鏡として機能する基本構造の例を示しているが、より光強度の強い近視野光を微小開口から発生させることで、加工や計測などを可能とする近視野光装置を提供することができる。近視野光プローブ 1 0 0 0 の微小開口 5 から光強度の強い近視野光を発生させるためには、微小開口に光密度の高い光を導入する必要がある。

【 0 0 7 6 】

図 1 8 に本発明の第 4 の実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。基本的には図 3 に示した走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 の構成と同じであり、同一箇所は図示や説明を省略する。光源（図示省略）からの光 6 2 2 を、鏡筒 6 2 0 に支持された集光レンズ 6 2 1 により微小開口 5 に集光する。ここで、開口数（NA）の大きな集光レンズ 6 2 1 を用いるほど微小開口 5 に光を集光することができるので、より光強度の強い近視野光を発生させることができる。しかし、NA の大きな集光レンズ 6 2 1 は、作動距離（WD）が短くなる。図 3 で示したように、いわゆる光てこ法を用いてレバーのたわみや振幅の変化を検出する方法においては、WD が短い場合には近視野光プローブ 1 0 0 0 上部のスペースが少ない。そのため、光てこの構成部材や光路と、集光レンズ 6 2 1 や鏡筒 6 2 0 などが干渉して、NA の大きな集光レンズ 6 2 1 を用いることが困難である。

【 0 0 7 7 】

例えば光てこ法では、レーザー発振器 6 0 4 から出射した光をミラー 6 2 3 で折り曲げて近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーに照射し、その反射光を上下 2 分割の光電変換部 6 0 6 で検出する。ここで、レーザー発振器 6 0 4 や光電変換部 6 0 6 は、近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーと略同一平面内にある。そして、光てこの光路折り曲げ用に用いるミラー 6 2 3 を鏡筒 6 2 0 に取り付け、集光レンズ 6 2 1 とミラー 6 2 3 を一体にして、小型化、省スペース化する。これにより、光てこの光路や部材と、集光レンズ 6 2 1 や鏡筒 6 2 0 が干渉することなく、NA の大きな集光レンズ 6 2 1 を用いることが可能となる。

【 0 0 7 8 】

さらに、別の構成例を示す。図 1 9 に本発明の第 4 の実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーに対して垂直な断面での構成を示す。ここでは、レーザー発振器 6 0 4 や光電変換部 6 0 6 は近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーに略垂直面内にある。このような配置にすれば、近視野光プローブ 1 0 0 0 やそのホルダーなどに干渉することなく、レーザー発振器 6 0 4 や光電変換部 6 0 6 を試料面に近づけ、レ

バーに対して大きな入射角でレーザー発振器 6 0 4 からの光を反射させることができる。このような構成でも、従来と同様にレバーのたわみや振動振幅の変化を検出可能である。そして、光路と集光レンズ 6 2 1 とが干渉することなく、大きな NA の集光レンズ 6 2 1 を用いることが可能となる。

【 0 0 7 9 】

さらに、別の構成例として、図 2 0 に本発明の第 4 の実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。これも図 1 9 と同様に、レーザー発振器 6 0 4 や光電変換部 6 0 6 は、近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーに略垂直面内にある。ここでは、レーザー発振器 6 0 4 からの光をレバーで反射させるのではなく、レバーを通してその回折光を光電変換部 6 0 6 で検出する。このような構成でも、従来と同様にレバーのたわみや振動振幅の変化を検出可能である。よって、図 1 9 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 8 0 】

さらに、別の構成例として、図 2 1 に本発明の第 4 の実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成を示す。ここでは、チップ上にレンズ 6 3 7 を形成した近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いている。この近視野光プローブ 1 0 0 0 を用いることにより、集光レンズ 6 3 8 の NA が小さくても、集光レンズ 6 3 8 とレンズ 6 3 7 からなる複合レンズ系としての NA を大きくすることができる。よって、WD の長い集光レンズ 6 3 8 と、通常の光でこの構成を用いても、微小開口 5 に光を集光することができ、微小開口 5 から大きな強度の近視野光を出射することができる。

【 0 0 8 1 】

以上示した実施例により、微小開口 5 に光密度の高い光を照射し、それによる光強度の強い近視野光を用いて、加工や精度の高い計測などを行う近視野光装置を提供することができる。

(実施例 5)

図 2 2 に本発明の第 5 の実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図を示す。基本的には図 3 に示した走査型プローブ顕微鏡 2 0 0 0 の構成と同じであり、同一箇所は図示や説明を省略する。光源（図示省略）か

らの光を、光ファイバーからなる導入ファイバー 6 3 0 で近視野光プローブ 1 0 0 0 近傍まで伝搬させ、導入ファイバー 6 3 0 先端に設けたレンズ 6 3 1 で集光して微小開口 5 に導入する。先端にレンズ 6 3 1 を設けた導入ファイバー 6 3 0 は、通常の光ファイバーの先端を研磨することにより、容易に作製することができる。この構造により、微小開口 5 に集光した光を導入できるため、微小開口 5 から強度の強い近視野光を出射することができる。さらに、導入ファイバー 6 3 0 とレンズ 6 3 1 を用いているため、顕微鏡の対物レンズなどより非常にコンパクトで軽量化することができる。そのため、通常の光でこの構成を用いても部材や光路の干渉なく、レバーのたわみや振動振幅の変化を検出することができることは言うまでもない。

【 0 0 8 2 】

本実施例では、さらに、近視野光プローブ 1 0 0 0 と導入ファイバー 6 3 0 をファイバーホルダー 6 3 2 とプローブホルダー 6 3 3 を用いて一体化し、微動機構 6 3 4 で微動させる。近視野光プローブ 1 0 0 0 と導入ファイバー 6 3 0 が共に小型軽量であるため、一体化しても小型軽量で、微動機構 6 3 4 による高速な移動が可能となる。近視野光プローブ 1 0 0 0 のレバーのたわみや振動振幅の変化を検出するためには、小型軽量化が可能のように、ファイバーホルダー 6 3 2 に支持された干渉検出ファイバー 6 3 5 を用いる。干渉検出ファイバー 6 3 5 は通常の光ファイバーであり、干渉検出ファイバー 6 3 5 の出射端はレバーに近接して支持される。干渉検出ファイバー 6 3 5 の出射端からの光が、レバーの反射面で反射して再び干渉検出ファイバー 6 3 5 に戻ってくる。この戻り光強度の変化を干渉検出ファイバー 6 3 5 の他端で検出することにより、レバーのたわみや振動振幅の変化などを検出することが可能である。

【 0 0 8 3 】

本実施例のような構成にすることで、近視野光プローブ 1 0 0 0 と微小開口 5 への光導入光学系、レバーの変位検出系などを一体化し、小型軽量にすることができる。そのため、微小開口 5 からの近視野光強度を大きくした状態で、近視野光プローブ 1 0 0 0 を微動させることができる。よって、大面積の試料への対応や、高速走査などが可能となる。本実施例では、干渉検出ファイバー 6 3 5 を用

いたが、例えば静電容量センサなどを用いても小型軽量化できるので、同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0084】

実施例4及び実施例5に述べた内容は、光てこ法を用いなくても、近視野光プローブ1000がレバーのたわみや振動振幅の検出機能を有している場合には、大きなNAの集光レンズを用いることが容易となるだけでなく、より小型軽量化できるため望ましいことは言うまでもない。例えば、レバーに圧電薄膜を積層形成することで、レバーのたわみを検出することも可能となる。

(実施例6)

図23は、実施例6に係る近視野光プローブ7000の概略図であり、走査型プローブ顕微鏡20000に搭載して使用することができる。図1に示す近視野光プローブ1000と同一箇所には同じ符号を用いて説明する。近視野光プローブ7000は、図1に示す近視野光プローブ1000の構成におもり部701を加えた構成からなる。おもり部701は、レバー2の長さLx方向に対して、チップ1とレバー2の固定端702との間のレバー2上に形成される。おもり部701の高さH2は、チップ1の高さH1と同じかそれよりも低い。なお、おもり部701は、近視野光プローブ2000および近視野光プローブ3000上にも同様に形成してもよい。近視野光プローブ7000は、図2に示した近視野光プローブ1000と同様に、ある角度 $\theta 1$ だけ傾けた状態で試料に近接している。したがって、チップ1の先端が試料と近接しているときに、おもり部701が試料と干渉することはない。おもり部701の材質はチップ1と同じである。

【0085】

本実施例による近視野光プローブ7000の製造方法は、前述した近視野光プローブ1000の製造方法とほぼ同様である。図24(a)は図4(b)で説明した工程に対応する図である。本実施例の近視野光プローブ7000の製造方法においては、図24(a)に示すようにチップ用マスク104と同時におもり部701を形成するためのマスク703を形成する。その後、図24(b)に示すように、ウエットエッチングやドライエッチングによって、チップ1およびおもり部701を形成する。その後の工程は、図4(d)以降と同じである。以上説

明したように、本発明の近視野光プローブの製造方法によれば、大量生産性を損なわずにおもり部 701 を形成することができる。また、その他の近視野光プローブの製造方法においても、チップ用マスク 104 とおもり部 701 を形成するためのマスクを同時に形成するだけでおもり部 701 を形成することができる。また、同一の透明膜を同時にエッチングすることによってチップ 1 およびおもり部 701 を形成する事によって、おもり部 701 の高さ H_2 をチップ 1 の高さ H_1 と同じかそれよりも低く形成する事が容易になる。

【 0 0 8 6 】

近視野光プローブ 7000 のレバー 2 の形状は、近視野光プローブ 1000 または近視野光プローブ 2000 と同様である。しかしながら、近視野光プローブ 7000 のレバー 2 には、おもり部 701 がレバー 2 の固定端 702 よりもチップ 1 側に形成されているため、近視野光プローブ 7000 の共振周波数は、近視野光プローブ 1000、近視野光プローブ 2000 および近視野光プローブ 3000 よりも低い。したがって、実施例 3 で述べたように、共振周波数の低い近視野光プローブ 7000 によれば、光像の S/N 比を向上させることができる。

【 0 0 8 7 】

さらに、レバー 2 上におもり部 701 を形成した近視野光プローブ 7000 によれば、レバー 2 上のおもり部 701 を形成した部分が厚いため、近視野光プローブ 1000、近視野光プローブ 2000 および近視野光プローブ 3000 よりもバネ定数が大きくなる。バネ定数の大きな近視野光プローブ 7000 は、遮光領域を設けたことによって生じるエアダンピングによる影響を低減でき、近視野光プローブ 1000、近視野光プローブ 2000 および近視野光プローブ 3000 よりも安定した動作特性が得られる。

(実施例 7)

本発明の実施例 7 に係る近視野光プローブ 8000 の概略を図 25 に示す。実施例 7 に係る近視野光プローブ 8000 を走査型プローブ顕微鏡 20000 に搭載して使用することができる。図 23 に示した近視野光プローブ 7000 と同一箇所には同じ符号を用いて説明する。近視野光プローブ 8000 は、レバー 2 のチップ 1 が形成された面と反対側におもり部 801 が形成される。おもり部 80

1 は、レバー 2 の固定端 7 0 2 よりも自由端側に形成される。おもり部 8 0 1 の厚さ T_1 は 500 nm ～ 数 $10\text{ }\mu\text{ m}$ である。また、おもり部 8 0 1 の長さはレバー 2 の長さ L_x よりも短く、おもり部 8 0 1 の幅はレバー 2 の幅よりも狭い。おもり部 8 0 1 の材料はレバー 2 およびチップ 1 と同じでもよいし、別の材料でも良い。なお、おもり部 8 0 1 は、近視野光プローブ 2 0 0 0、近視野光プローブ 3 0 0 0 および近視野光プローブ 7 0 0 0 にも形成できる。

【 0 0 8 8 】

本発明の実施例 7 に係る近視野光プローブ 8 0 0 0 によれば、本発明の実施の形態 6 で説明した効果に加え、おもり部 8 0 1 が、チップ 1 を形成した側と反対側に形成されているため、大きな起伏を有する試料を観察する場合でもおもり部 8 0 1 が試料と干渉することがないという効果がある。

【 0 0 8 9 】

図 2 6 を用いて本実施例の近視野光プローブ 8 0 0 0 の製造方法を説明する。なお、図 4 ～ 5 に示す近視野光プローブ 1 0 0 0 の製造方法と同一箇所には同じ符号を用いて説明する。

【 0 0 9 0 】

まず、図 2 6 (a) に示すように、基板 1 0 2 上に段差形成用マスク 8 0 2 を形成し、ウェットエッチングやドライエッチングによって基板 1 0 2 に段差 8 0 3 を形成する。段差 8 0 3 の深さはおもり部 8 0 1 の厚さ T_1 と同じである。

【 0 0 9 1 】

次に、段差形成用マスク 8 0 2 を除去し、図 2 6 (b) に示すように、段差 8 0 3 を形成した基板 1 0 2 上におもり部用材料 8 0 4 を堆積する。おもり部用材料 8 0 4 の厚さは、段差 8 0 3 の深さよりも厚い。おもり部用材料 8 0 4 の材料はおもり部 8 0 1 の材料と同一である。

【 0 0 9 2 】

次に、研磨、エッチバックなどの方法によって、おもり部用材料 8 0 4 を除去していき、図 2 6 (c) に示すように、基板 1 0 2 におもり部用材料 8 0 4 が埋め込まれた形状を形成する。

【 0 0 9 3 】

次に、図 2 6 (d) に示すように、透明体 1 0 1 を堆積する。これ以降の工程は、基板 1 0 2 におもり部用材料 8 0 4 が埋め込まれていること以外は、実施例 1 で説明した近視野光プローブ 1 0 0 0 の製造方法と同じであるため、説明を省略する。

【 0 0 9 4 】

以上説明したように、本実施例の近視野光プローブ 8 0 0 0 の製造方法によれば、近視野光プローブ 8 0 0 0 をバッチプロセスによって作製することができる。したがって、大量生産によって安価な近視野光プローブ 8 0 0 0 を提供することができる。

【 0 0 9 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の第一の実施例によれば、微小開口の上部が透明体で充填された構造であるため、微小開口に異物が侵入することがない。したがって、近視野光プローブから発生する近視野光の強度が安定する。また、入射光または／および検出光の波長に対して透明な材料によって充填されたチップによって、チップの耐衝撃性や、耐摩耗性が向上する。また、チップを構成する材料の屈折率は、空気よりも大きいため、チップ内を伝搬する光の波長が空気中よりも短くなる。したがって、空気中を伝搬して微小開口を透過する場合よりも、微小開口を透過する光量が多くなるため、微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップをダイヤモンドによって形成することによって、チップの耐摩耗性が向上し、さらに、屈折率が高いため微小開口から照射される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップの先端が遮光膜の端面よりも突出した構造である場合、チップの先端半径が小さいため、走査型プローブ顕微鏡の凹凸像や光像の解像度を向上させることができる。また、チップの先端が遮光膜の端面よりも突出した構造の場合、チップの先端と微小開口の中心位置が一致するため、凹凸像と光像の位置ずれ非常に小さい。また、近視野光プローブが式 (4) を満たす L 1 を持つ場合、チップの先端が常に試料と接触し、かつ、入射光または／および検出光以外の漏れ光を完全に遮光することができるため、凹凸像と光像を安定して取得することができる。また、近視野光

プローブに光を入射または／および近視野光プローブから光を検出するためのレンズのNAを大きくしても、レバーが透明体であるため、チップに入射または／およびチップから検出する光のケラレがないため、効率良く微小開口まで入射光を導くこと、または／および微小開口から検出光を検出することができ、微小開口から照射される近視野光の発生効率および／または微小開口における検出効率を大きくすることができる。また、透明体であるレバーおよびチップを伝搬して微小開口から近視野光を発生させる、または／および、微小開口において試料の光学情報を検出する近視野光プローブは、入射光の波長に対して透過率の高い波長領域が広い。したがって、分光分析などの応用分野に走査型プローブ顕微鏡を使用することができる。また、強度の大きな近視野光を発生させることができるため、フォトリソグラフィー、光造形、光CVD、熱的加工などに必要なエネルギー密度を持つ近視野光を照射することができ、光加工装置として走査型プローブ顕微鏡を用いることができ、同時に、凹凸像の分解能の高い近視野光プローブを用いて加工形状の観察を行うことができる。分光分析や加工装置としての走査型プローブ顕微鏡は、近視野光プローブから発生する近視野光の強度、または／および、微小開口における光情報の検出効率が大きいこと、分析や加工にかかる時間を短くすることができる。また、近視野光プローブをマルチカンチレバーにすることによって、大面積を短時間で分析、加工することができる。

【 0 0 9 6 】

また、本発明の実施例1に係る近視野光プローブの製造方法によれば、近視野光プローブを製造することができる。また、上記で説明した製造方法は、シリコンプロセスを用いているため、近視野光プローブを大量に、再現性良く製造することができる。したがって、近視野光プローブを安価に提供することができる。また、レバーを小型化することが容易であるため、近視野光プローブのレバーの共振周波数を高くし、同時に、バネ定数を小さくすることができる。従って、走査型プローブ顕微鏡において、チップの先端と試料との距離制御を安定して行うことができ、かつ、チップの先端及び試料の損傷を抑えることができ、さらに、走査型プローブ顕微鏡の走査速度を大きくすることができる。また、透明体とチップ用マスクの密着性を制御することによって、任意のチップの先端角を得るこ

とができる。従って、チップ先端の先端角を大きくすることによって、微小開口から照射または／および検出される近視野光の強度を大きくすることができる。また、チップの形成工程を複数回行うことによって、複数のテーパ角を持つチップを得ることができる。従って、チップの先端角を小さくし、チップの途中までのテーパ角を大きくすることによって、凹凸像と光像の高分解能化と近視野光の高発生効率を同時に満たす近視野光プローブを提供することができる。また、図4（b）の上面からみたチップ用マスクの外形を円や多角形にすることによって、チップの形状を円錐または任意の多角錐にすることができる。チップが円錐の場合、微小開口の形状は円となり、近視野光プローブに入射する光の偏光特性を制御することにより、任意の偏光特性をもつ近視野光を微小開口から照射することができる。また、チップの形状が多角錐の場合、微小開口の形状は、多角形となり、特定方向の偏光方向に大きな強度をもつ光を試料に照射することができる。また、基板にフレネルレンズのパターンを形成し、フレネルレンズのパターン上にチップ1を形成することや、透明体の堆積時にチップの形成される部分の透明体に、屈折率分布を有する部分を形成することや、基板のチップを形成する部分に、レンズ状の凹部を形成し、透明体を堆積することなどによってチップ上にレンズを有する近視野光プローブを得ることができる。従って、微小開口から発生する近視野光の強度を大きくすることができる。また、近視野光プローブの製造方法によれば、基部に複数のレバー、チップ、微小開口を有するマルチカンチレバーを形成することが容易である。マルチカンチレバーによれば、複数のチップや微小開口を同時に走査することが可能であるため、大面積を高速に観察することができる。また、近視野光プローブの製造方法によれば、同様な製造方法によって作製される圧電素子や静電容量型のセンサをレバーに集積する事が容易であるため、光てこを用いなくても、レバーのたわみを検出することができる。また、水晶をはじめとする圧電体でレバーを構成し、電極を形成することによってレバーのたわみを検出することができる。さらに、レバーが水晶で構成された場合には、レバーのたわみ検出、および／または、レバーの加振を行うこともできる。

【 0 0 9 7 】

また、本発明の第2の実施例によれば、本発明の第1の実施例よりも、遮光領域を広げることが可能であり、カンチレバー表面での反射による漏れ光による影響が少なくなるため、S/N比の良い光学像を得ることができる。また、近視野光プローブの遮光領域を広げることによって、走査型プローブ顕微鏡において、光ファイバーとレバーの間隔を広げても漏れ光の影響を受けずに、光学像を得ることができる。さらに、走査型プローブ顕微鏡の近視野光プローブへの光入射または／および近視野光プローブからの検出手段がレンズのみによる集光である場合、レンズのNAが小さくても、漏れ光の影響を受けずにS/N比の良い光学像を得ることが可能である。また、一般に、レンズのNAが小さいほど、レンズの焦点距離が長くなり、かつ、レンズの焦点深度が大きくなるため、近視野光プローブとレンズの間隔を大きく取ることができるため、近視野光プローブの位置あわせが容易になり、走査型プローブ顕微鏡の操作を簡易化できる。

【0098】

また、本発明の第2実施例で説明した製造方法によれば、本発明の第2実施例の近視野光プローブ2000を容易に製造でき、第1実施例で説明した製造方法と同様の効果が得られる。また、第2実施例の近視野光プローブ製造方法によれば、傾斜部に遮光膜を形成することは、第1実施例の近視野光プローブのレバー側面に遮光膜を形成するよりも容易であるため、第2実施例の近視野光プローブのレバー側面に対する遮光が容易になる。

【0099】

また、本発明の第3実施例によれば、近視野光プローブは、本発明の第2実施例よりも、遮光領域を広げることができ、S/N比の高い光学像を得ることができる。また、第2実施例で説明した傾斜部を第3実施例の近視野光プローブに適用することによって、さらに遮光領域を広げることができる。

【0100】

また、本発明の第3実施例による製造方法によれば、第3実施例で説明した近視野光プローブを得ることができ、かつ、シリコンプロセスを用いて製造するため、大量に、性能が均一な近視野光プローブを得ることができる。したがって、安価な近視野光プローブを提供することができる。

【0101】

また、本発明の第3の実施例によれば、レバーの先端にひさし部、連結部といったおもりを設けることによって近視野光プローブ共振周波数を低くすることができ、S/N比の良い光像を取得することができる。

【0102】

また、本発明の第4実施例によれば、光てこ法や同様の方法を用いてレバーのたわみや振動振幅の変化を検出すると共に、NAの大きな集光レンズを用いることができるため、微小開口に光密度の高い光を導入でき、微小開口から出射される近視野光強度を大きくすることができる。よって、本発明の近視野光装置は、観察に用いる顕微鏡としてだけではなく、S/Nの高い計測や加工などの用途にも使用可能となる。

【0103】

また、本発明の第5実施例によれば、微小開口への光導入系や、レバーのたわみや振動振幅の変化検出系を小型軽量にできるため、近視野光プローブとそれらを一体化して、高速に微動させることができる。そのため、近視野光プローブを用いて大面積の試料を観察測定することや、近視野光プローブを高速走査することなどが可能となる。

【0104】

また、本発明の第6実施例によれば、共振周波数が低く、かつ、バネ定数の大きな近視野光プローブが得られ、光像のS/N比を向上させることと、エアダンピングによる影響を低減した安定した動作特性が得られる。また、本発明の第6実施例による製造方法によれば、第6実施例で説明した近視野光プローブを得ることができるとともに、バッチプロセスによって製造できるため、安価で、性能が均一な近視野光プローブを提供することができる。また、同一の透明膜を同時にエッチングすることによりチップおよびおもり部を形成する事によって、おもり部の高さをチップの高さと同じかそれよりも低く形成する事が容易になる。

【0105】

また、本発明の第7の実施例によれば、本発明の第6実施例の効果に加えて、カンチレバー上のおもりが、チップが形成された側と反対側に形成されているた

め、起伏の大きな試料の観察において、おもりが試料と接触することがない。したがって、起伏の大きな試料の観察を安定して行うことができる。また、本発明の第 7 の実施例による製造方法によれば、第 7 実施例で説明した近視野光プローブを得ることができるとともに、バッチプロセスによって製造できるため、安価で、性能が均一な近視野光プローブを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施例による近視野光プローブの構成図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施例による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を表す図である。

【図 3】

本発明の第 1 実施例による近視野光プローブを用いた走査型プローブ顕微鏡の構成図である。

【図 4】

本発明の第 1 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 5】

本発明の第 1 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 6】

本発明の第 2 実施例による近視野光プローブの構成図である。

【図 7】

本発明の第 2 実施例による近視野光プローブの断面図である。

【図 8】

本発明の第 2 実施例による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を表す図である。

【図 9】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの構成図である。

【図 10】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブのチップが試料と近接した状態を

表す図である。

【図 1 1】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの先端部分の斜視図である。

【図 1 2】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの先端部分の斜視図である。

【図 1 3】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 1 4】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 1 5】

本発明の第 3 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 1 6】

従来の光ファイバープローブの構成図である。

【図 1 7】

従来の SNOM 用プローブの構成図である。

【図 1 8】

本発明の第 4 実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図である。

【図 1 9】

本発明の第 4 実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図である。

【図 2 0】

本発明の第 4 実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図である。

【図 2 1】

本発明の第 4 実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図である。

【図 2 2】

本発明の第 5 実施例による近視野光プローブを用いた近視野光装置の一部の構成図である。

成図である。

【図 2 3】

本発明の第 6 実施例による近視野光プローブの構成図である。

【図 2 4】

本発明の第 6 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【図 2 5】

本発明の第 7 実施例による近視野光プローブの構成図である。

【図 2 6】

本発明の第 7 実施例による近視野光プローブの製造方法を説明した図である。

【符号の説明】

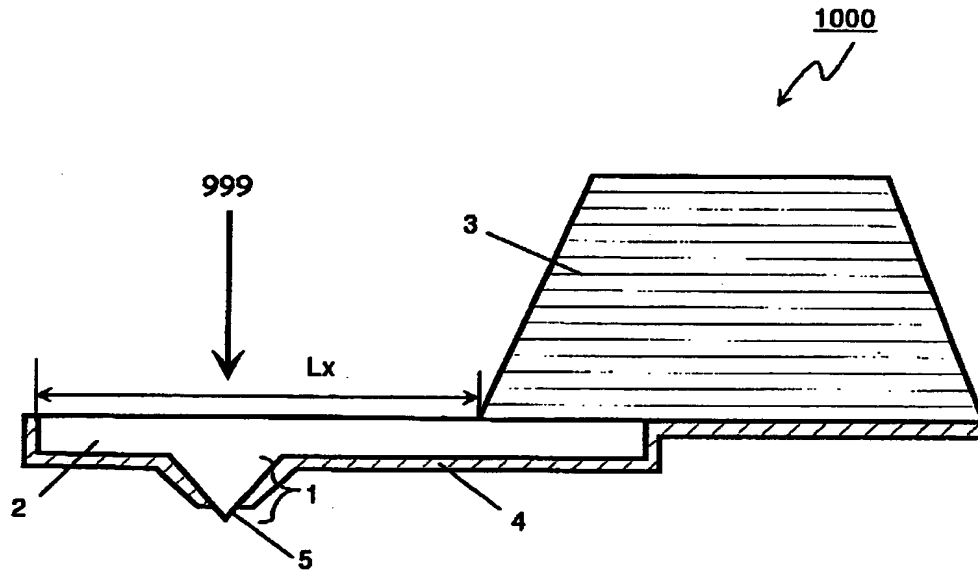
- 1 チップ
- 2 レバー
- 3 基部
- 4 遮光膜
- 5 微小開口
- 6 試料
- 7 傾斜部
- 8 連結部
- 9 ひさし部
- H チップの高さ
- θ 1 カンチレバーの傾斜角度
- R 1 入射光のスポット径または／および微小開口によって検出した光を検出器に集光するレンズのカンチレバー上でのスポット径
- L 1 チップの中心からカンチレバーの自由端までの距離
- 6 0 4 レーザ発振器
- 6 0 6 光電変換部
- 6 2 1 集光レンズ
- 6 3 0 導入ファイバー
- 6 3 1 レンズ

6 3 5 干渉検出ファイバー

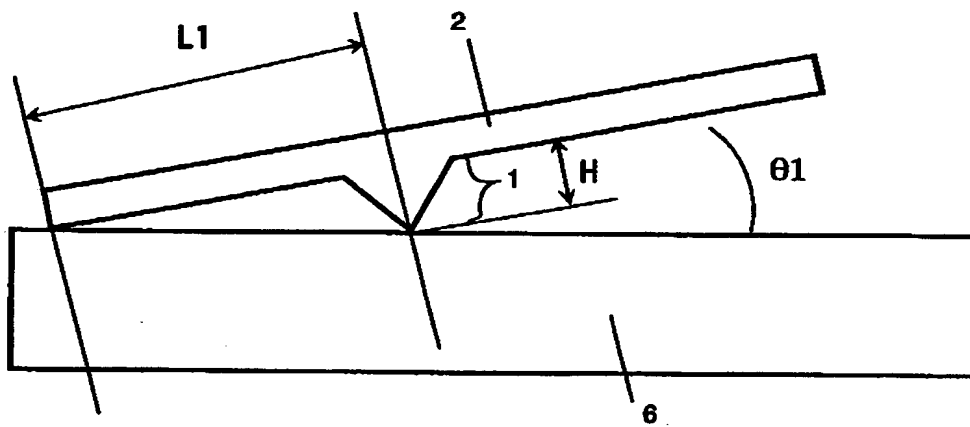
7 0 1、8 0 1 おもり部

【書類名】 図面

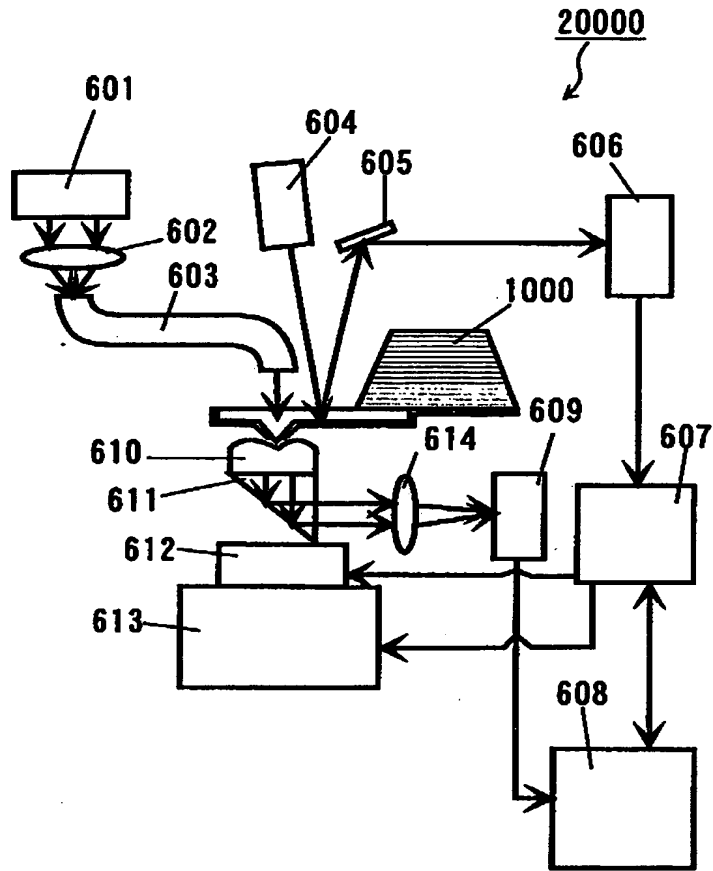
【図 1】



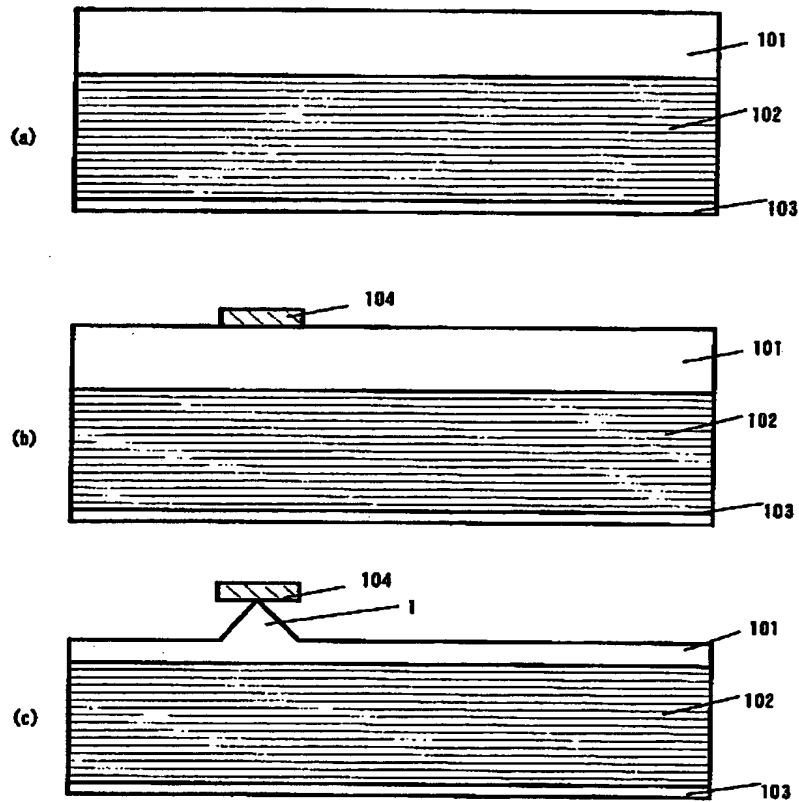
【図 2】



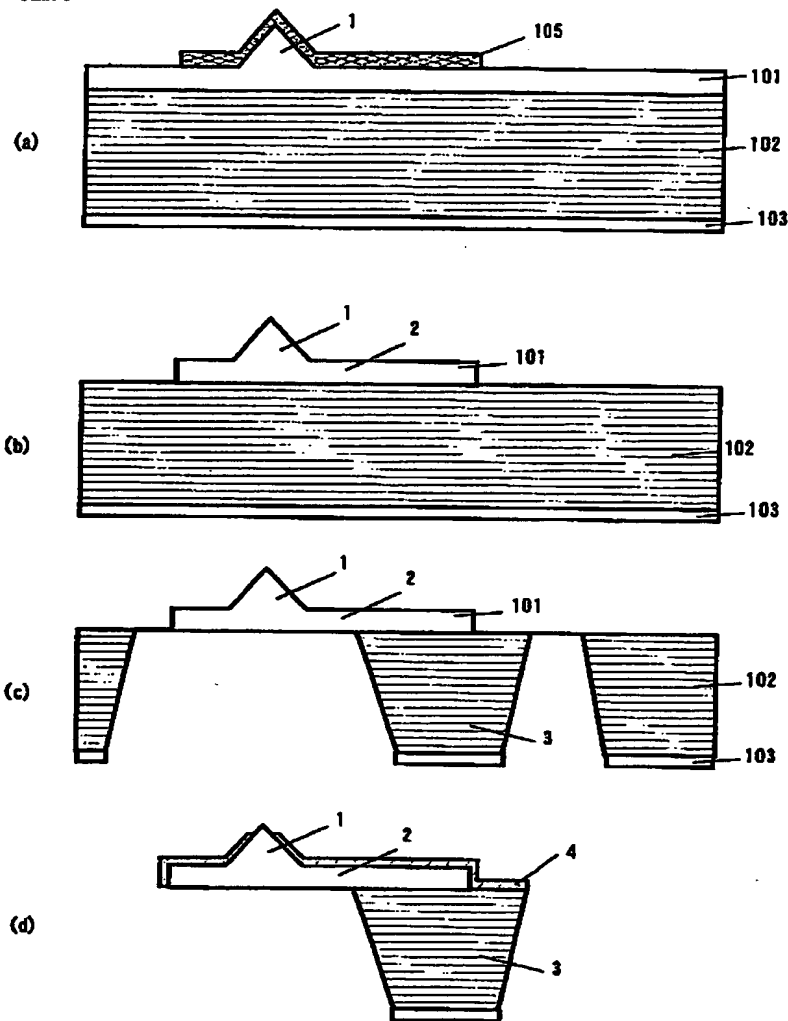
【図3】



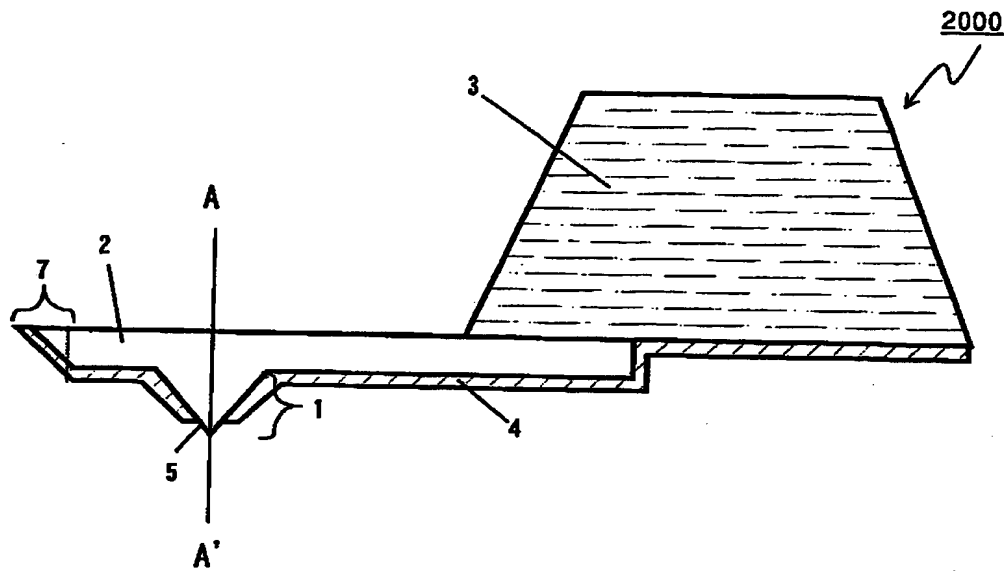
【図 4】



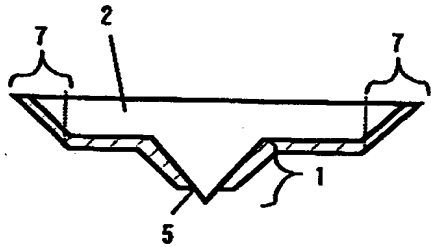
【図 5】



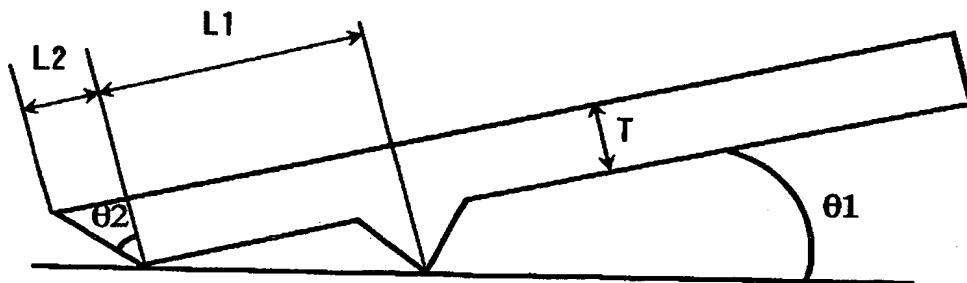
【図 6】



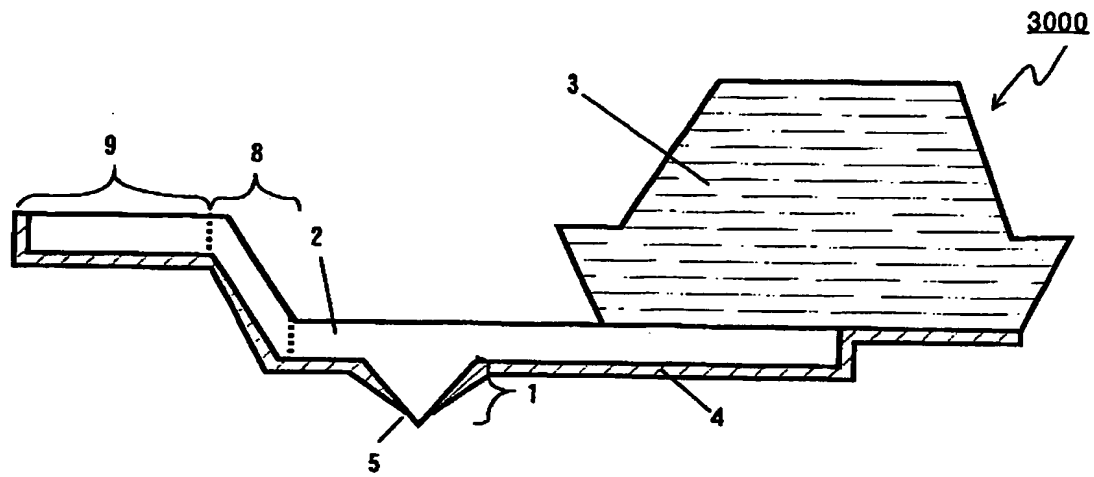
【図 7】



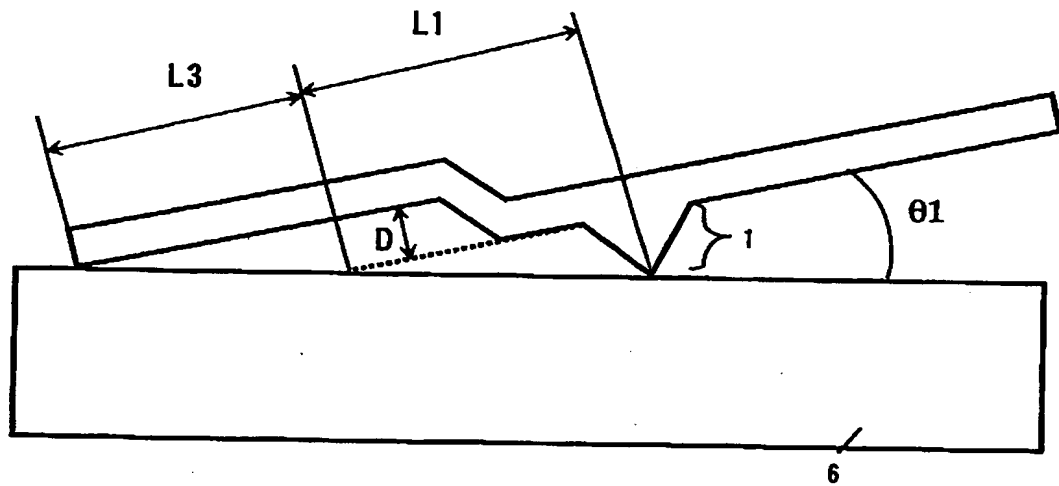
【図 8】



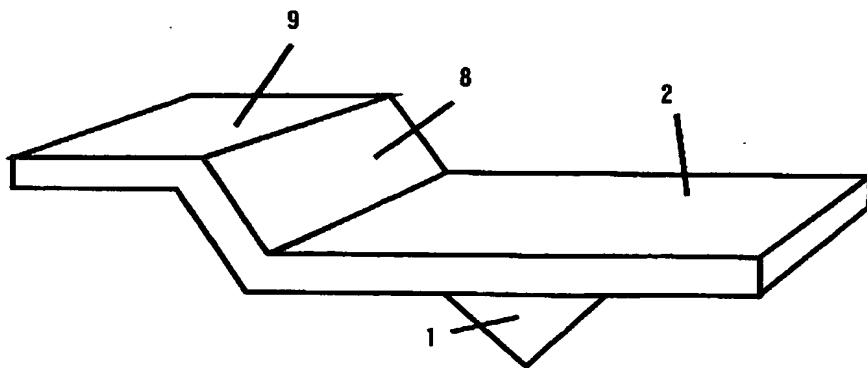
【図 9】



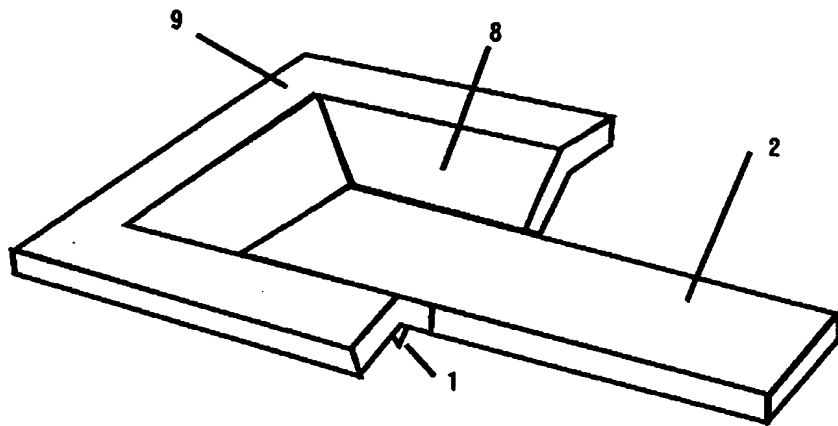
【図 10】



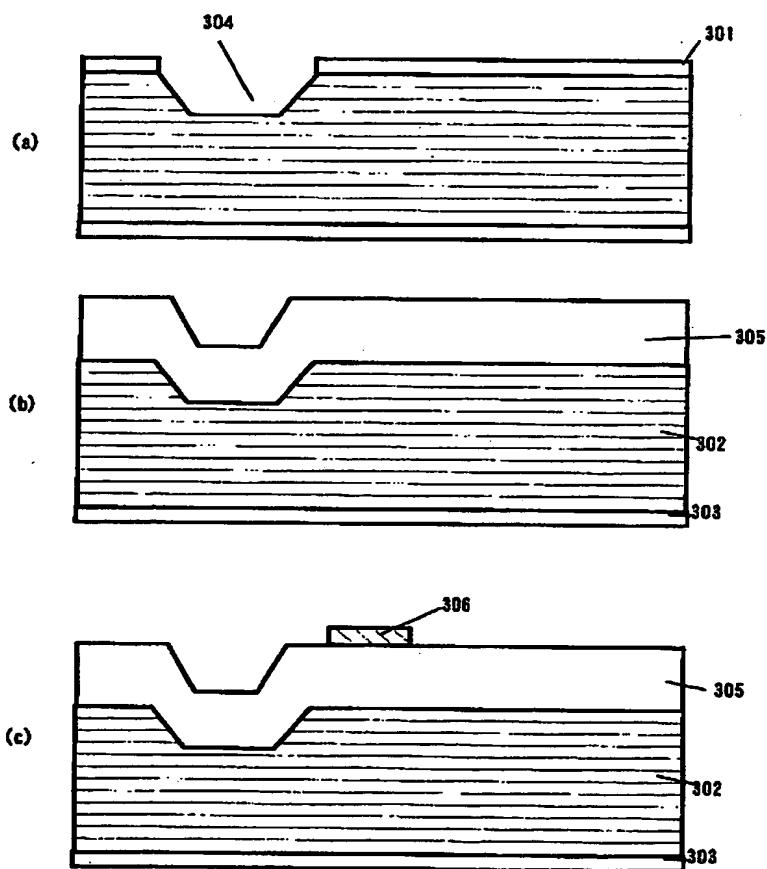
【図 11】



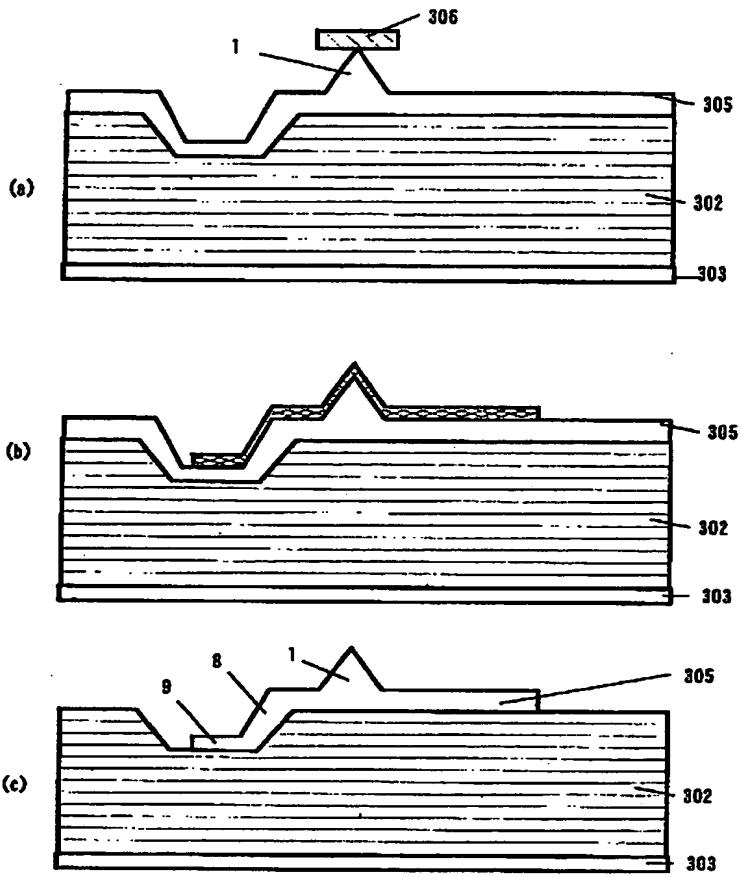
【図 12】



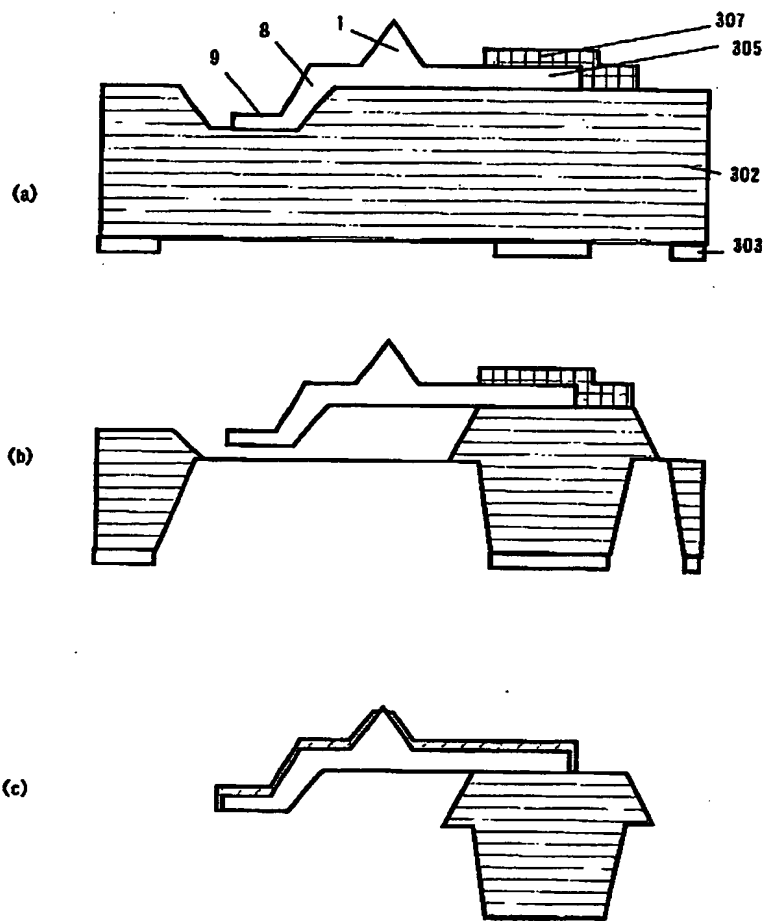
【図 13】



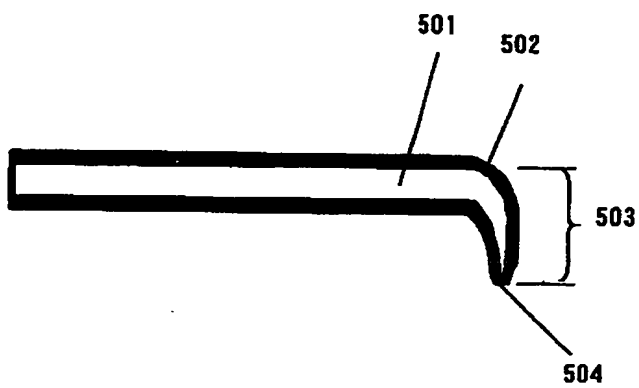
【図 14】



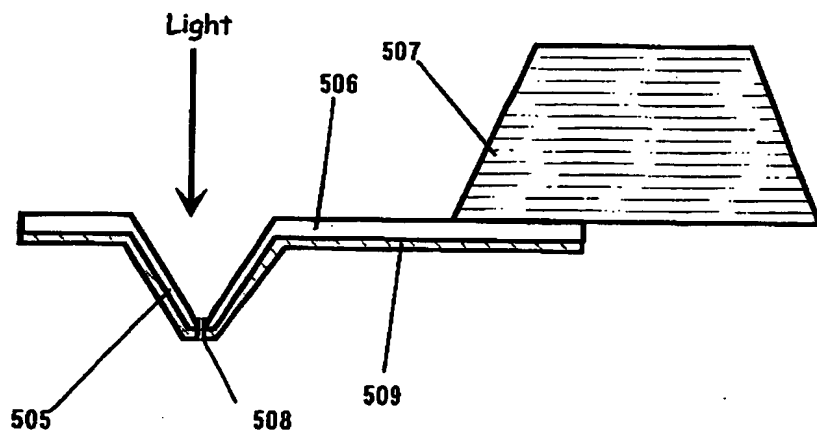
【図 15】



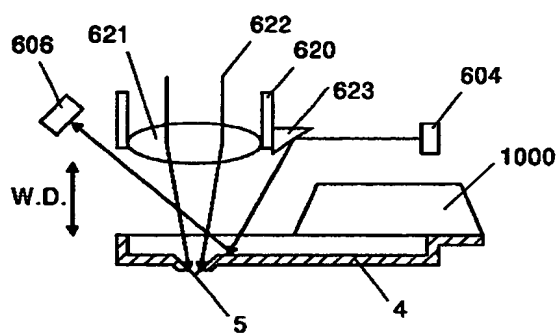
【図 16】



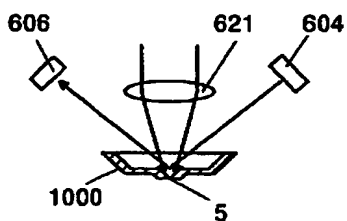
【図 1 7】



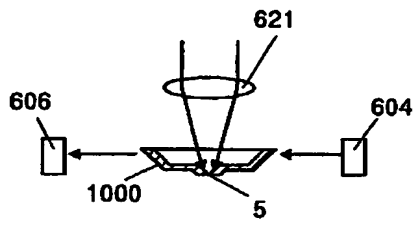
【図 1 8】



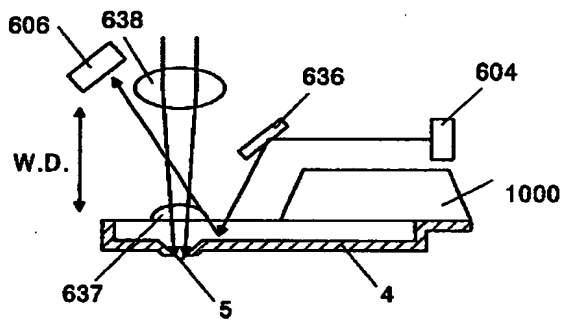
【図 1 9】



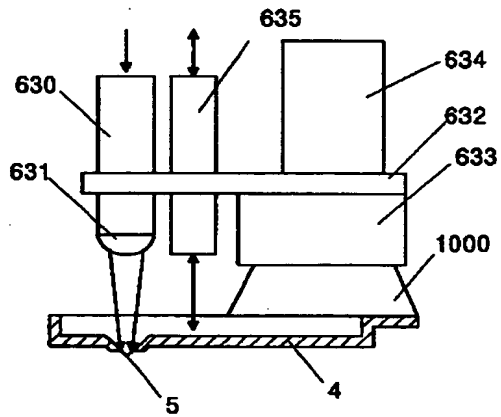
【図 2 0】



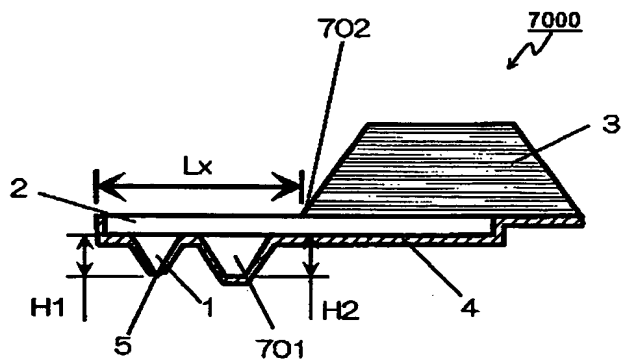
【図 2 1】



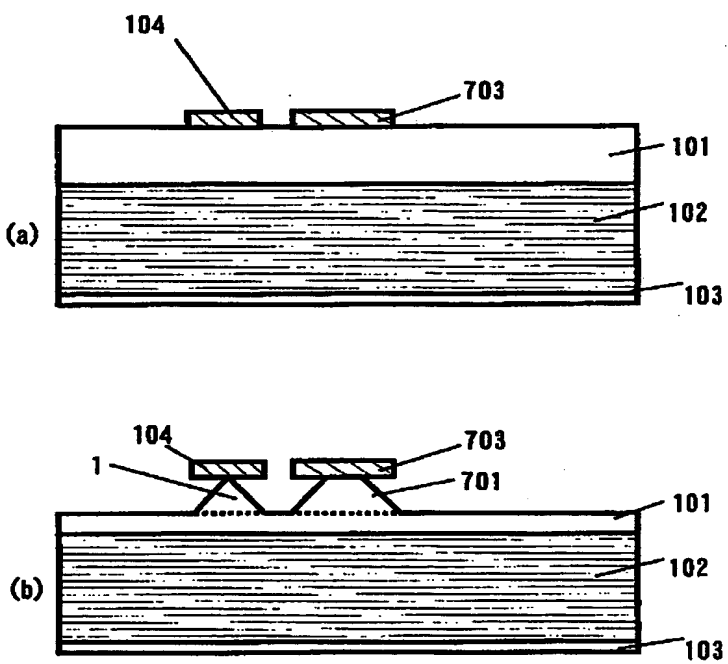
【図 2 2】



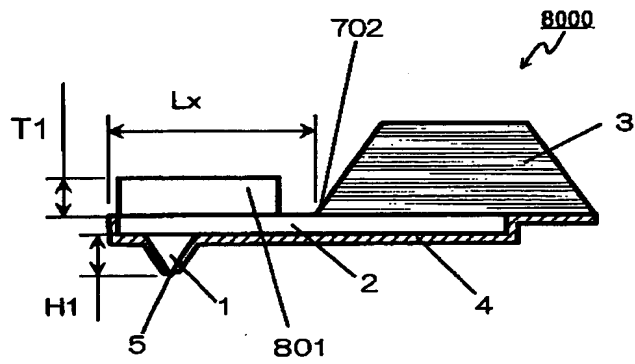
【図 23】



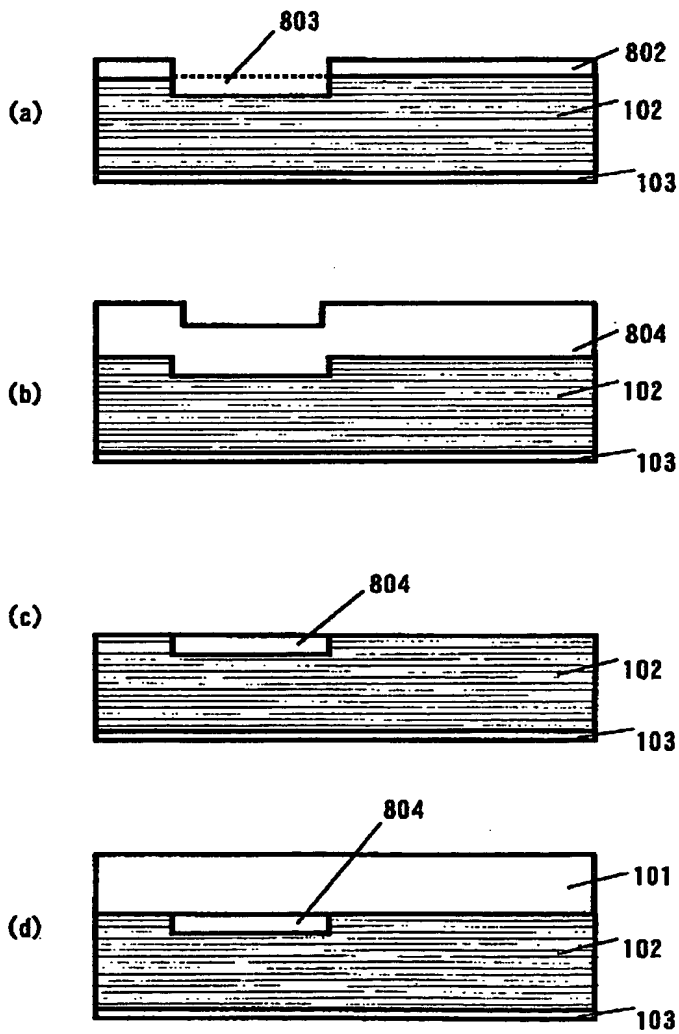
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 強度の大きな近視野光を照射または／および検出することができ、S／N比の大きな光学像を取得することができる近視野光プローブ、および、その製造方法や近視野光装置を得ること。

【解決手段】 近視野光プローブ1000は、片持ち梁状のカンチレバー2と、カンチレバー2を支持する基部3と、カンチレバー2上に形成された錘状のチップ1と、チップ1の先端に形成された微小開口5と、カンチレバー2の基部3とは反対側の面と、チップ1の微小開口5以外の部分に形成された遮光膜4からなり、チップ1とカンチレバー2が、微小開口5において発生および／あるいは検出する光の波長に対して透過率の高い透明材料を用いて形成され、チップ1が透明材料で充填されている構成とする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 3 5 2 7 7 8
受付番号	5 0 0 0 1 4 9 3 5 2 4
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 2 年 1 1 月 2 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000002325
【住所又は居所】	千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
【氏名又は名称】	セイコーインスツルメンツ株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100096286
【住所又は居所】	千葉県松戸市千駄堀 1 4 9 3 - 7 林特許事務所
【氏名又は名称】	林 敬之助

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1997年 7月23日
[変更理由] 名称変更
住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社